উচ্চ মাধ্যমিক

রসায়ন

TEN TEACHERS

ক্যালকাটা বুক হাউস

নমুনা প্রশ্নোত্তরে

উচ্চমাধ্যমিক রসায়ন

[সংসদ প্রদত্ত নমুনা প্রশ্নের উত্তর ও বিশেষ নির্বাচিত প্রশ্নোত্তর]

● For H. S. Examination 1989 & Onwards ●

COMPILED BY

TEN TEACHERS

1988

ক্যালকাটা বুক হাউস
১/১, বঙ্কিম চ্যাটার্জি স্ট্রীট, কলিকাতা-৭০০০৭৩

বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ

- সংসদ-প্রদত্ত নমুনা প্রশ্নগুলিকে চিহ্নিত করার জন্য ইহাদের আগে ক্রমিক সংখ্যা অনুযায়ী পরপর দেওয়া হয়েছে।
- এছাড়া অপর প্রশ্নগুলি হ'ল সম্ভাব্য প্রশ্ন ; সেগুলিকে * দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

রসায়ন

ভূমিকা

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চমাধ্যমিক শিক্ষা-সংসদ উচ্চমাধ্যমিক পরীক্ষার রসায়ন বিষয়ে কতকগুলি নমুনা প্রশ্ন প্রকাশিত করিয়াছে। বর্তমান গ্রন্থে সেই সকল প্রশ্ন সঠিক উত্তর সহ সন্নিবেশিত হইল। পূর্ব অভিজ্ঞতায় দেখা গিয়াছে যে, সংসদ প্রদর্শিত নমুনা প্রশ্নের ভিত্তিতেই উচ্চমাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র রচনা করা হয়। সেইদিক দিয়া বিচার করিলে এই পুস্তকখানি উচ্চমাধ্যমিক পরীক্ষার্থীদের পক্ষে বিশেষ সহায়ক হইবে। উপরোক্ত নমুনা প্রশ্ন ছাড়াও ঐ সকল অধ্যায়ের কতকগুলি অতি প্রয়োজনীয় প্রশ্ন ও উত্তরসহ এই পুস্তকে দেওয়া হইল। এই প্রশ্নগুলির কোন ক্রমিক সংখ্যা নাই— শুধু ইহাদের পার্শ্বে তারকাচিহ্ন দেওয়া আছে। এই সকল অতিরিক্ত প্রশ্ন হইতেও যে-কোন সময় উচ্চমাধ্যমিক পরীক্ষায় প্রশ্ন আসিবার খুবই সম্ভাবনা।

আশাকরি পুস্তকখানি পরীক্ষার্থীদের যথেষ্ট উপকারে আসিবে।

বিনীত
সম্পাদক

কলিকাতা,
এপ্রিল, ১৯৮৭

সূচীপত্র

[প্রথম পত্র]

[দ্বিতীয় পত্র]

নমুনা প্রশ্নোত্তরে উচ্চমাধ্যমিক রসায়ন

[প্রথম পত্র]

১ সাধারণ ও ভৌত রসায়ন
General and Physical Chemistry

প্রশ্ন ১। ডালটনের পরমাণু-তত্ত্বের মূল ধারাগুলি লিখ। রাসায়নিক সংযোগের গুণানুপাত সূত্র ও মিথোনুপাত সূত্র বিবৃত কর। ডালটনের পরমাণু-তত্ত্বের ধারাগুলির সাহায্যে গুণানুপাত সূত্র ও মিথোনুপাত সূত্র ব্যাখ্যা কর।

[State the postulates of Dalton's atomic theory and explain the laws of *multiple proportions* and of *reciprocal proportions* in the light of Dalton's atomic theory.

State the laws of *multiple proportions* and of *reciprocal proportions*.

Simple numerical problems on laws of multiple and reciprocal proportions.]

উত্তর ঃ ডালটনের পরমাণু-তত্ত্বের মূল ধারাসমূহ ঃ

(ক) সকল পদার্থ অতিক্ষুদ্র অবিভাজ্য বস্তু-কণিকার সমন্বয়ে গঠিত। পদার্থের এই ক্ষুদ্রতম কণিকার নাম **পরমাণু** (atom)। রাসায়নিক পরিবর্তনে পরমাণুর সৃষ্টি বা ধ্বংস সম্ভব নয়।

(খ) প্রতিটি সরল পদার্থ স্বীয় পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত। সরল পদার্থসমূহ সরল পরমাণু দ্বারা ও জটিল পদার্থসমূহ জটিল বা 'যৌগ' পরমাণুর দ্বারা গঠিত। এই জটিল বা 'যৌগ' পরমাণু রাসায়নিক পরিবর্তনে বিশ্লিষ্ট হইয়া সরল পরমাণুতে পরিণত হইতে পারে এবং একাধিক সরল পরমাণু জোটবদ্ধ হইয়া 'যৌগ' পরমাণু গঠন করিতে পারে।

(গ) কোন একটি মৌলের পরমাণুর ওজন, ধর্ম ও আকার একই রকমের। আবার, বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ওজন, ধর্ম ও আকার বিভিন্ন।

(ঘ) বিভিন্ন পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার কালে, প্রথমে পদার্থগুলি ভাঙ্গিয়া পরমাণুতে পরিণত হয় এবং পরে, বিভিন্ন পরমাণুর বিশেষ ধরনের সমন্বয়ে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে দুই বা ততোধিক পরমাণুর মধ্যে এইরূপে মিলন ঘটে এবং এই সংযোগকালে পরমাণুসমূহ উহাদের সংখ্যার সরল অনুপাতে (যথা, 1 ঃ 1, 1 ঃ 2, 1 ঃ 3, 2 ঃ 3 ইত্যাদি) মিলিত হইয়া 'জটিল' পদার্থের জটিল বা 'যৌগ' পরমাণু গঠন করে। 'যৌগ' পরমাণুর ওজন স্বভাবতঃই উহাতে সন্নিবিষ্ট সরল পরমাণুসমূহের ওজনের সমষ্টির সমান।

গুণানুপাত সূত্র ঃ যদি দুইটি মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক সংযোগের ফলে একাধিক যৌগের উৎপত্তি হয়, তবে ঐ দুইটি মৌলিক পদার্থের মধ্যে একটির কোন নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অন্যটির যে বিভিন্ন ওজন যুক্ত হইবে, সেই বিভিন্ন ওজনগুলির মধ্যে পূর্ণসংখ্যার একটি সরল অনুপাত থাকিবে।

উদাহরণ ঃ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে দুইটি বিভিন্ন যৌগ H_2O এবং H_2O_2 উৎপন্ন হয়। H_2O যৌগে 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত ; H_2O_2 যৌগে 1 ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত 16 ভাগ অক্সিজেন যুক্ত। সুতরাং, এই দুইটি যৌগে অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজন যে স্থির ওজনের (1 ভাগ ওজন) হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়, তাহাদের অনুপাত 8 ঃ 16 বা 1 ঃ 2, ইহা পূর্ণ-সংখ্যার একটি সরল অনুপাত।

মিথোনুপাত সূত্র ঃ দুই বা ততোধিক মৌল পৃথক্ পৃথক্ ভাবে অপর একটি মৌলের কোন নির্দিষ্ট স্থির ওজনের সহিত যে ভিন্ন ভিন্ন ওজনে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে, কেবল সেই সেই ওজনে বা উহাদের কোন সরল গুণিতক বা অবগুণিতকের অনুপাতেই প্রথমোক্ত মৌলগুলি পরস্পর যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করিবে। (অবশ্য, যদি এইরূপ যৌগ গঠন সম্ভবপর হয়।)

উদাহরণ ঃ বাস্তব পরীক্ষার ফলাফলে জানা গিয়াছে যে, 12 ভাগ ওজনের কার্বন 4 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া মিথেন (CH_4) গঠন করে। আবার, 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেন 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল (H_2O) গঠন করে ; বা, 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেন 4 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল গঠন করে। সুতরাং, 12 ভাগ ওজনের কার্বন ও 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেন পৃথক্ পৃথক্ ভাবে 4 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে মিথেন ও জল গঠন করে। অতএব, কার্বন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগের কালে 12 ভাগ ওজনের কার্বন 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইবে। বাস্তবক্ষেত্রে দেখা যায় যে, কার্বন ডাই-অক্সাইড যৌগে 12 ভাগ ওজনের কার্বন 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

ডালটনের পরমাণু-তত্ত্বের আলোকে গুণানুপাত সূত্র ও মিথোনুপাত সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ

গুণানুপাত সূত্র ঃ ধরা যাক্, দুইটি মৌল X ও Y পরস্পর যুক্ত হইয়া একাধিক যৌগ গঠন করে। ডালটনের পরমাণু-তত্ত্বের বিশিষ্ট ধারা অনুযায়ী, X ও Y-এর বিভিন্ন যৌগে X ও Y-এর পূর্ণ কিন্তু বিভিন্ন সংখ্যক পরমাণু থাকিবে। গণনার সরলীকরণে এইরূপ দুইটি যৌগ X_aY_b এবং X_cY_d লইয়া আমরা আলোচনা করিব। এই দুইটি যৌগে X এবং Y-এর পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত হইবে যথাক্রমে $a : b$ এবং $c : d$. যদি X ও Y-এর একটি পরমাণুর ওজন যথাক্রমে x ও y হয়, তবে X_aY_b যৌগে ax ভাগ ওজনের X মৌল by ভাগ ওজনের Y-মৌলের সহিত যুক্ত। অর্থাৎ,

x ভাগ ওজনের X মৌল $\frac{by}{a}$ ভাগ ওজনের Y মৌলের সহিত যুক্ত। অনুরূপভাবে X_cY_d যৌগে, cx ভাগ ওজনের X মৌল dy ভাগ ওজনের Y মৌলের সহিত যুক্ত; বা, x ভাগ ওজনের X মৌল $\frac{dy}{c}$ ভাগ ওজনের Y মৌলের সহিত যুক্ত। অর্থাৎ, X মৌলের যে স্থির ও নির্দিষ্ট ওজন x-এর সহিত Y মৌলের বিভিন্ন ওজন এই দুইটি যৌগে বর্তমান, তাহাদের অনুপাত $\frac{by}{a} : \frac{dy}{c} = bc : ad$. ডালটনের পরমাণু-তত্ত্ব অনুযায়ী a, b, c ও d ক্ষুদ্র পূর্ণ সংখ্যা। অতএব, $bc : ad$ অনুপাতটি ক্ষুদ্র পূর্ণ-সংখ্যার সরল অনুপাত। অর্থাৎ, এই দুইটি যৌগে Y-এর যে বিভিন্ন ওজন X-এর একটি নির্দিষ্ট ওজনের সহিত যুক্ত থাকে, তাহাদের অনুপাত ক্ষুদ্র পূর্ণ-সংখ্যার সরল অনুপাত।

মিথোনুপাত সূত্র : X, Y এবং Z তিনটি মৌল; উহাদের পরমাণুর ওজন যথাক্রমে x, y এবং z. ধরা যাক, X মৌল Y ও Z মৌলের সহিত ভিন্ন ভিন্ন ভাবে ক্রিয়ান্বিত হইয়া যথাক্রমে $X_m Y_n$ ও $X_p Z_q$ সংকেতের যৌগ গঠন করে। অতএব, এই যৌগ দুইটিতে মৌলদ্বয়ের পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত X : Y এবং X : Z যথাক্রমে $m : n$ এবং $p : q$. ধরিয়া লওয়া যাক যে, Y ও Z পরস্পর ক্রিয়ান্বিত হয় এবং এই ক্ষেত্রে $Y_a Z_b$ সংকেতের যৌগ গঠন করে। অতএব, এই যৌগে Y ও Z-এর পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত $Y : Z = a : b$.

ডালটনের পরমাণু-তত্ত্ব অনুযায়ী, মৌলসমূহ পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া যৌগ গঠনের কালে উহাদের পরমাণুর ক্ষুদ্র পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাতে মিলিত হয়। এক্ষণে,

(*i*) $X_m Y_n$ যৌগে X এবং Y-এর ওজনগত অনুপাত $= mx : ny = x : \frac{ny}{m}$

(*ii*) $X_p Z_q$ যোগে X এবং Z-এর ওজনগত অনুপাত $= px : qz = x : \frac{qz}{p}$

সুতরাং, দেখা যাইতেছে যে, Y ও Z-এর ওজনের যে অনুপাত X-এর নির্দিষ্ট ওজনের (x) সহিত মিলিত হয়, তাহা হইল

$$\frac{ny}{m} : \frac{qz}{p} = e : f \text{ (ধরা যাক) } \left[e = \frac{ny}{m}; f = \frac{qz}{p} \right]$$

$$\therefore \quad \frac{e}{f} = \frac{ny}{m} \Big/ \frac{qz}{p} = \frac{pny}{mqz}.$$

$Y_a Z_b$ যৌগে Y ও Z-এর ওজনের অনুপাত $= ay : bz$,

$\frac{ay}{bz} = \frac{ay \times mnpq}{by \times mnpq}$ (লব ও হরকে $mnpq$ দ্বারা গুণ করিয়া। একই রাশি দ্বারা উভয়কে গুণ করিলে ভগ্নাংশের মানের পরিবর্তন হয় না।)

$$= \frac{pny}{mqz} \times \frac{amq}{bnp} = \frac{e}{f} \times \frac{amq}{bnp}.$$

a, b, m, n, p, q প্রত্যেকে ক্ষুদ্র পূর্ণ-সংখ্যা। সুতরাং, $\frac{ay}{bz}$-এর মান $\frac{e}{f}$-এর সমান বা উহার কোন ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার সরল গুণিতক বা (অবগুণিতক) হইবে। এইরূপে ডালটনের পরমাণু-তত্ত্বের সাহায্যে মিথোনুপাত সূত্রের সঠিক ব্যাখ্যা করা হয়।

গুণানুপাত সূত্র সম্বন্ধীয় রাসায়নিক গণনার নমুনা ঃ

(১) একটি ধাতু দুইটি বিভিন্ন অক্সাইড গঠন করে। ইহাদের মধ্যে যথাক্রমে 77·78% ও 70% ধাতুটি বর্তমান। গণনা করিয়া দেখাও যে এই ফলাফল গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

উত্তর ঃ প্রথম অক্সাইডটিতে 77·78% ধাতু আছে। $\therefore$ উহাতে $100-77{\cdot}78 = 22{\cdot}22\%$ অক্সিজেন আছে। অর্থাৎ, প্রথম অক্সাইডে 22·22 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত 77·78 ভাগ ওজনের ধাতু যুক্ত। $\therefore$ এই অক্সাইডে 30 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত $\frac{77{\cdot}78\times 30}{22{\cdot}22}$ 105·01 ভাগ ওজনের ধাতু যুক্ত।

দ্বিতীয় অক্সাইডে 70% ধাতু আছে। $\therefore$ ইহাতে $100-70=30$ ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত 70 ভাগ ওজনের ধাতু যুক্ত।

সুতরাং, দেখা যাইতেছে যে, এই দুইটি অক্সাইডে অক্সিজেনের একটি স্থির ওজনের (30 ভাগ ওজন) সহিত যথাক্রমে 105·01 ও 70 ভাগ ওজনের ধাতু যুক্ত। ধাতুটির এই দুইটি ওজনের অনুপাত $= 105{\cdot}01 : 70 = 3 : 2$, ইহা একটি ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত। অতএব, প্রদত্ত ফলাফল গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

(2) **একটি ধাতু দুইটি অক্সাইড উৎপন্ন করে। প্রথম অক্সাইডটির 2 গ্রামকে উত্তপ্ত হাইড্রোজেনের প্রবাহে বিজারিত করিলে 0·2517 গ্রাম জল পাওয়া যায়। অনুরূপভাবে দ্বিতীয় অক্সাইডের 1 গ্রাম হইতে 0·2264 গ্রাম জল পাওয়া যায়। দেখাও যে, এই ফলাফল গুণানুপাত সূত্রের যথার্থতা প্রমাণ কর।**

উত্তর ঃ ধাতব অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে সম্পূর্ণরূপে বিজারিত করিয়া যে জল পাওয়া যায়, তাহার সমুদয় অক্সিজেন ধাতব অক্সাইডের অক্সিজেন। অর্থাৎ, উৎপন্ন জলে অক্সিজেনের পরিমাণ ধাতব অক্সাইডে অক্সিজেনের পরিমাণের সমান।

আমরা জানি যে, 18 গ্রাম জলে 16 গ্রাম অক্সিজেন থাকে।

$\therefore$ 0·2517 গ্রাম জলে $\frac{16\times 0{\cdot}2517}{18} = 0{\cdot}2237$ গ্রাম অক্সিজেন থাকে।

অর্থাৎ, প্রথম অক্সাইডের 2 গ্রামে 0·2237 গ্রাম অক্সিজেন এবং $(2-0{\cdot}2237) = 1{\cdot}7763$ গ্রাম ধাতু বর্তমান।

সুতরাং, এই অক্সাইডে 0·2237 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে 1·7763 গ্রাম ধাতুর সহিত।

∴ এই অক্সাইডে 1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $\frac{1 \cdot 7763}{0 \cdot 2237} = 7 \cdot 94$ গ্রাম ধাতুর সহিত।

দ্বিতীয় অক্সাইডের 1 গ্রাম হইতে 0·2264 গ্রাম জল পাওয়া যায়।

∴ দ্বিতীয় অক্সাইডের 1 গ্রামে অক্সিজেনের পরিমাণ $= \frac{16 \times \cdot 2264}{18} = 0 \cdot 2012$ গ্রাম।

অর্থাৎ, এই অক্সাইডে 0·2012 গ্রাম অক্সিজেন $(1 - 0 \cdot 2012) = 0 \cdot 7088$ গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত।

∴ এই অক্সাইডে 1 গ্রাম অক্সিজেন $\frac{0 \cdot 7988}{0 \cdot 2012} = 3 \cdot 97$ গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত।

অতএব, এই দুইটি অক্সাইডে একটি স্থির ওজনের (1 গ্রাম) অক্সিজেনের সহিত ধাতুটির যে বিভিন্ন ওজন যুক্ত আছে, তাহাদের অনুপাত = 7·94 ঃ 3·97 = 2 ঃ 1 ; ইহা একটি ক্ষুদ্র পূর্ণ-সংখ্যার সরল অনুপাত। অতএব, প্রদত্ত ফলাফল গুণানুপাত সূত্রের যথার্থতা প্রমাণ করে।

মিথোনুপাত সূত্র ঃ

(১) A, B ও C তিনটি মৌল। 1 গ্রাম A 1·33 গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত হয়। 1 গ্রাম B 0·125 গ্রাম C-এর সঙ্গে যুক্ত হয় ; 1 গ্রাম C 6·00 গ্রাম A-এর সঙ্গে যুক্ত হয়। এই তথ্য মিথোনুপাত সূত্রের সহিত সঙ্গতি-সম্পন্ন কি না দেখাও।

উত্তর ঃ প্রদত্ত তথ্য হইতে দেখা যায় যে, 1 গ্রাম A 1·33 গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত হয়।

আবার, 6 গ্রাম A 1 গ্রাম C-এর সহিত যুক্ত হয়।

∴ 1 গ্রাম A $\frac{1}{6}$ গ্রাম = 0·166 গ্রাম C-এর সহিত যুক্ত হয়।

সুতরাং, দেখা যাইতেছে যে, 1 গ্রাম A যথাক্রমে 1·33 গ্রাম B ও 0.166 গ্রাম C-এর সহিত যুক্ত হয়। অতএব, মিথোনুপাত সূত্র অনুসারে, B ও C-এর সংযোগ 1·33 ঃ 0·166 অনুপাতে সংঘটিত হওয়া উচিত।

প্রদত্ত তথ্য হইতে দেখা যায় যে, 1 গ্রাম B 0·125 গ্রাম C-এর সহিত যুক্ত হয়।

∴ 1·33 গ্রাম B $0 \cdot 125 \times 1 \cdot 33 = 0 \cdot 166$ গ্রাম C-এর সহিত যুক্ত হয়।

B ও C-এর এই তৌলিক অনুপাত উপরে প্রাপ্ত অনুপাত হইতে অভিন্ন। কাজেই, প্রদত্ত তথ্যগুলি মিথোনুপাত সূত্রের সহিত সঙ্গতিসম্পন্ন।

(২) নিম্নলিখিত পরীক্ষার ফলাফল হইতে কোন্ রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রের প্রমাণ পাওয়া যায় ? (i) 0·48 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করিলে 0·80 গ্রাম MgO পাওয়া যায়। (ii) 0·84 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অতিরিক্ত পরিমাণ

অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রমাণ অবস্থায় 784 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। (iii) 1·12 গ্রাম অক্সিজেন অতিরিক্ত হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 1·26 গ্রাম জল উৎপন্ন করে।

উত্তর ঃ (i) 0·48 গ্রাম Mg দেয় 0·80 MgO

∴ 0·48 গ্রাম Mg-এর সহিত (0·80 − 0·48) = 0·32 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয়।

∴ 12 গ্রাম " " $\frac{0.32 \times 12}{0.48}$ = 8 গ্রাম " " "।

(ii) প্রমাণ অবস্থায় 784 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেনের ওজন = $\frac{784 \times 0.09}{1000}$

= 0·07 গ্রাম।

(∵ প্রমাণ অবস্থায় 1000 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেনের ওজন = 0·09 গ্রাম।)

∴ 0·84 গ্রাম Mg অ্যাসিড হইতে নির্মুক্ত করে 0·07 গ্রাম H_2

∴ 12 গ্রাম " " " " " $\frac{0.07 \times 12}{0.84}$ = 1 গ্রাম H_2

প্রকারান্তরে বলা যায় যে, 12 গ্রাম Mg 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। উপরের দুইটি গণনা হইতে দেখা যায় যে, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পৃথক্ পৃথক্ ভাবে সম-ওজন (12 গ্রাম) Mg-এর সহিত 1 ঃ 8 ওজনের অনুপাতে যুক্ত হয়।

(iii) 1·12 গ্রাম O_2 দেয় 1·26 গ্রাম H_2O

অর্থাৎ, 1·12 গ্রাম O_2 (1·26 − 1·12) = 0·14 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

∴ 8 গ্রাম O_2 $\frac{0.14 \times 8}{1.12}$ = 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

সুতরাং, (i) এবং (ii) নং গণনা হইতে H_2 ও O_2-এর সংযুক্তির যে ওজনগত অনুপাত পাওয়া গিয়াছে, (iii) নং পরীক্ষার ফলাফলে তাহা সম্পূর্ণরূপে সমর্থিত হইয়াছে। অতএব, এই তিনটি পরীক্ষার ফলাফল হইতে মিথোনুপাত সূত্রের প্রমাণ পাওয়া যায়।

***প্রশ্ন। ডালটনের পরমাণু-তত্ত্বের ত্রুটিগুলি সমালোচনা কর এবং আধুনিক জ্ঞানের আলোকে ইহার কিরূপ পরিবর্তন প্রয়োজন, তাহা নির্দেশ কর।**

[Give a critical review of the inherent defects of Dalton's atomic theory and mention how they should be modified in the light of modern scientific knowledge.]

উঃ। পরমাণু-তত্ত্বের ত্রুটি ঃ পদার্থ বিজ্ঞানের উন্নত গবেষণার ফলে জানা গিয়াছে যে, পরমাণু একেবারে অবিভাজ্য নয়। অনেক যান্ত্রিক উপায়ে পরমাণুকে বিভঞ্জন করিয়া উহা অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর কণিকাসমূহ, যথা, প্রোটন, নিউট্রন, ইলেকট্রন পাওয়া যায়। এই কণিকাগুলিই প্রকৃতপক্ষে পদার্থের মূল উপাদান। তবে, ইহাও অনস্বীকার্য যে, কোনও রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণু-বিভঞ্জন সম্ভব নয়। [অনেক

স্বাভাবিক তেজষ্ক্রিয়া ও নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় একটি পরমাণু বিভাঞ্জিত হইয়া নতুন পরমাণুর সৃষ্টি করে। সুতরাং, এই দিক দিয়া দেখিলে পরমাণুর ধ্বংস ও সৃষ্টি সম্ভবপর মনে হয়। কিন্তু, উপরিউক্ত প্রক্রিয়াসমূহে পরমাণুর স্বকীয় সত্ত্বা বজায় থাকে না।]

পরমাণু-তত্ত্বের অপর একটি বক্তব্য হইল এই যে, একই মৌলের পরমাণুসমূহের ওজন অভিন্ন এবং বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ওজন বিভিন্ন। কিন্তু, বর্তমানে জানা গিয়াছে যে, একই মৌলের বিভিন্ন ওজনের পরমাণু থাকিতে পারে (উহাদিগকে **সমস্থানিক বা isotope** বলে) এবং বিভিন্ন মৌলের একই ওজনের পরমাণু থাকিতে পারে (ইহাদিগকে **আইসোবার, isobar,** বলে)। সুতরাং, পরমাণু-তত্ত্বের এই ধারাটি সম্পূর্ণরূপে সঠিক নহে।

তৃতীয়তঃ, ডালটনের পরমাণুতত্ত্বে বর্ণিত 'যৌগ পরমাণু'র ধারণা মোটেই যুক্তিগ্রাহ্য নয়। প্রকৃতপক্ষে, যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণিকা, স্বাধীনসত্ত্বা-বিশিষ্ট 'অণু'র ধারণা ডালটন করিতে পারেন নাই।

নবলব্ধ জ্ঞানের আলোকে পরমাণু-তত্ত্বের ধারাসমূহের পরিবর্তন ঃ বিজ্ঞানের অগ্রগতির ফলে যে নতুন নতুন জ্ঞানলাভ করা সম্ভবপর হইয়াছে, তাহার ভিত্তিতে বিবেচনা করিয়া পরমাণু-তত্ত্বের ধারাগুলিকে নিম্নোক্তরূপে পরিবর্তিত করা যায় ঃ

(১) পরমাণু মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণিকা।

(২) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণু অবিভাজ্য ; কিন্তু, যান্ত্রিক উপায়ে উহাকে বিভাঞ্জিত করিয়া প্রোটন, নিউট্রন, ইলেকট্রন প্রভৃতি অব-পারমাণবিক (sub-atomic) কণিকায় পরিণত করা যায়। তবে, এইরূপ বিভঞ্জনে পরমাণু তাহার সত্ত্বা হারায়। ইহাকে পরমাণুর ধ্বংসরূপে মনে করা যাইতে পারে। কৃত্রিম তেজষ্ক্রিয় পরিবর্তনের মাধ্যমে একটি মৌল হইতে অপর একটি মৌল উৎপন্ন করিয়া নতুন পরমাণুর 'সৃষ্টি' সম্ভব হইতে পারে।

(৩) একটি মৌলের সকল পরমাণু ওজনে একই না-ও হইতে পারে। মৌলের বিভিন্ন পারমাণবিক-ওজন-বিশিষ্ট সমস্থানিক থাকিতে পারে। তেমনি, বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর একই ওজন (আইসোবার) হইতে পারে।

(৪) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মৌলের পরমাণু অংশগ্রহণ করে এবং উহাদের সংখ্যার সরল পূর্ণ-সংখ্যক অনুপাতে যুক্ত হইয়া উহারা যৌগ গঠন করে।

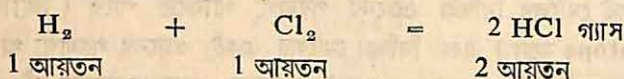
***প্রশ্ন। গে লুসাকের গ্যাস-আয়তন সূত্র বিবৃত কর। অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প কিরূপে এই সূত্রের সহিত ডালটনের পরমাণু-তত্ত্বের সামঞ্জস্য করিয়াছিল, তাহা উদাহরণ সহ দেখাও।**

[State Gay Lussac's law of gaseous volumes and illustrate how Avogadro's hypothesis brought about a parity between Dalton's atomic theory and Gay Lussac's Law of gaseous volumes.]

উত্তর। গে লুসাকের গ্যাস-আয়তন সূত্র ঃ গ্যাসীয় বিক্রিয়ায়, সমান চাপ ও উষ্ণতায় বিক্রিয়মান গ্যাসগুলি তাহাদের আয়তনের সরল পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাতে অংশগ্রহণ করে ;

বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থও গ্যাসীয় হইলে, তাহার (বা তাহাদের) আয়তন ও বিক্রিয়মান গ্যাসসমূহের আয়তনের (সম চাপ ও উষ্ণতায়) অনুপাতও সরল হয়।

গে লুসাকের পরীক্ষালব্ধ ফলাফল হইতে জানা যায় যে, 1 আয়তন H_2 1 আয়তন ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 2 আয়তন HCl গ্যাস উৎপন্ন করে। (সব কয়টি গ্যাসের আয়তনই সমান চাপ ও উষ্ণতায় মাপা।)

H_2	+	Cl_2	=	2 HCl গ্যাস
1 আয়তন		1 আয়তন		2 আয়তন

সুতরাং, এই ক্ষেত্রে গে লুসাকের গ্যাস-আয়তন সূত্রের, বক্তব্য সার্থকভাবে প্রতিফলিত। H_2 ও Cl_2-এর আয়তনের অনুপাত 1 : 1 (সরল পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত) H_2, Cl_2 এবং HCl গ্যাসের আয়তনের অনুপাত 1 : 1 : 2 (সরল পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত)।

ডালটনের পরমাণু-তত্ত্বের মূল বক্তব্য হইল, পরমাণু অবিভাজ্য এবং দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি বিক্রিয়ার সময় উহাদের সংখ্যার সরল অনুপাতে মিলিত হয়। ডালটনের এই বক্তব্য ও গে লুসাকের গ্যাস-আয়তন সূত্রের বক্তব্যের মধ্যে এইরূপ সাদৃশ্য দেখিয়া বিখ্যাত বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস ভাবিলেন যে, গ্যাসীয় বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী গ্যাসের আয়তন ও উহাদের অন্তর্গত পরমাণুর সংখ্যার মধ্যে একটি সরল সম্পর্ক থাকিবে। এই সমন্বয় সাধনে তিনি যে সূত্রটির অবতারণা করেন, তাহার নাম 'বার্জেলিয়াস প্রকল্প'। এই প্রকল্পের বক্তব্য, "সমান উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন সকল গ্যাসেই সমান-সংখ্যক উহাদের পরমাণু থাকে"। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় HCl গ্যাস গঠনের ক্ষেত্রে এই প্রকল্প ব্যবহার করিয়া নিম্নোক্ত ফল পাওয়া যায় :

সমান উষ্ণতা ও চাপে,

1 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন ক্লোরিন = 2 আয়তন HCl গ্যাস

এক্ষণে, 1 আয়তন হাইড্রোজেনে যদি n সংখ্যক উহার পরমাণু থাকে, তবে 1 আয়তন ক্লোরিনে n সংখ্যক ক্লোরিন পরমাণু ও 2 আয়তন HCl গ্যাসে $2n$ সংখ্যক উহার পরমাণু থাকিবে। (ঐ সময়ে পদার্থের 'অণু' সম্বন্ধে কোন ধারণা ছিল না।)

অতএব, n পরমাণু হাইড্রোজেন + n পরমাণু ক্লোরিন = $2n$ পরমাণু HCl গ্যাস

বা, 1 পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু ক্লোরিন = 2 পরমাণু HCl গ্যাস।

অর্থাৎ, 1 পরমাণু HCl গ্যাসে $\frac{1}{2}$ পরমাণু হাইড্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ পরমাণু ক্লোরিন বর্তমান।

সুতরাং, দেখা যায় যে, HCl গ্যাস গঠনে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের প্রতিটির $\frac{1}{2}$ পরমাণু অংশগ্রহণ করে। কিন্তু, ডালটনের পরমাণু-তত্ত্ব অনুযায়ী পরমাণু অবিভাজ্য ; উহারা বিক্রিয়ায় পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাতে অংশগ্রহণ করে। অতএব, $\frac{1}{2}$ পরমাণু হাইড্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ পরমাণু ক্লোরিনের এই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ পরমাণু-তত্ত্বের বক্তব্যের বিরোধী। সুতরাং, পরমাণু-তত্ত্বের আলোকে গ্যাস-আয়তন সূত্রের ব্যাখ্যা সম্ভব নয় বলিয়া মনে হয়। উপরন্তু, এই দুইটির বক্তব্য পরস্পর সামঞ্জস্যহীন।

এই পরস্পর-বিরোধী তথ্যের সমন্বয় সাধিত হয় অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে। এই প্রকল্পের মূল বক্তব্য হইল, পদার্থের যে অন্তিম কণিকা পৃথক্ সত্ত্বা লইয়া অবস্থান করিয়া ঐ পদার্থের স্বকীয় ধর্মগুলি প্রকাশ করে, তাহা উহার অণু,—পরমাণু নহে। সমান উচ্চতা ও চাপে সম-আয়তন বিভিন্ন গ্যাসে উহাদের সমান-সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে, H_2 ও Cl_2 গ্যাসের বিক্রিয়া নিম্নরূপে ব্যাখ্যা করা যায় ঃ 1 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন ক্লোরিন = 2 আয়তন HCl গ্যাস।

সমান উষ্ণতা ও চাপে,

n অণু হাইড্রোজেন + n অণু ক্লোরিন = $2n$ অণু HCl গ্যাস

বা, 1 অণু ,, + 1 অণু ,, = 2 অণু ,, ,,

অর্থাৎ, 1 অণু HCl গ্যাসে $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন বর্তমান। পরমাণু অবিভাজ্য হইলেও অণু বিভাজ্য হইবার ক্ষেত্রে কোন বাধা নাই। হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনের প্রতি অণুতে যদি ন্যূনপক্ষে 2টি বা কোন যুগ্ম-সংখ্যক উহাদের পরমাণু থাকে, তবে উপরোক্ত বিক্রিয়ায় পরমাণুর অবিভাজ্যতা বিঘ্নিত হইবে না। অ্যাভোগাড্রো নিজেই পরে প্রমাণ করেন যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাসের অণু উহাদের দুইটি পরমাণু দ্বারা গঠিত। অতএব, 1 অণু HCl গঠনে $\frac{1}{2}$ অণু বা 1টি H পরমাণু ও $\frac{1}{2}$ অণু বা 1টি ক্লোরিন পরমাণু অংশগ্রহণ করে। সুতরাং, এই বিক্রিয়ায় পরমাণু অবিভাজ্যই থাকে। এইরূপে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প গে লুসাকের সূত্র ও ডালটনের পরমাণু-তত্ত্বের সমন্বয় সাধন করে।

***প্রশ্ন ৩। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প বিবৃত কর। এই প্রকল্পের সাহায্যে নিম্নলিখিত অনুসিদ্ধান্তগুলি প্রতিষ্ঠা কর ঃ (a) গ্যাস বা বাষ্পের ক্ষেত্রে, M = 2 × বাষ্প - ঘনত্ব।**

(b) **প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে সকল গ্যাসের আণব আয়তন সমান এবং N.T.P.-তে এই আয়তনের মান 22·4 লিটার।**

(c) **মৌলিক গ্যাসগুলি দ্বিপরমাণুক।**

(d) **'অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা' বলিতে কি বুঝ?**

(e) **N. T. P.-তে 11·2 লিটার ওজোন গ্যাসে অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা কত?**

(f) **4°C উষ্ণতা 0·05 ml. জলে কতগুলি জলের অণু বর্তমান?**

[State Avogadro's hypothesis. Deduce: (a) M = 2 × vapour density of a gas or a vapour; (b) gram-molecular volumes of all gases under the same condition of temperature and pressure is the same and is 22·4 litres at N. T. P.; (c) elementary gases are diatomic.

(d) What is Avogadro's number?

(e) Calculate the number of atoms of oxygen in 11·2 litres of ozone at N. P. T.

(f) What is the number of water molecules present in 0·05 ml. of water at 4°C ?

উত্তর ঃ অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প ঃ "সমান উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন বিভিন্ন গ্যাস বা বাষ্পে উহাদের সমান সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে।"

অনুসিদ্ধান্ত ঃ (a) M = 2 × **বাষ্প-ঘনত্ব**

কোন গ্যাস বা বাষ্পের বাষ্প-ঘনত্ব

$$= \frac{\text{V আয়তন গ্যাস বা বাষ্পের ওজন}}{\text{V আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}}, \text{ সমান উষ্ণতা ও চাপে।}$$

$$= \frac{\text{1 আয়তন গ্যাস বা বাষ্পের ওজন}}{\text{1 আয়তন হাইড্রোজেনের আয়তন}}, \text{ সমান উষ্ণতা ও চাপে।}$$

$$= \frac{n \text{ অণু গ্যাস বা বাষ্পের ওজন}}{n \text{ অণু হাইড্রোজেনের ওজন}} \text{ (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে)}$$

$$= \frac{\text{1 অণু গ্যাস বা বাষ্পের ওজন}}{\text{1 অণু হাইড্রোজেন ওজন}}$$

$$= \frac{\text{1 অণু গ্যাস বা বাষ্পের ওজন}}{\text{2টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}} \text{ (∵ হাইড্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক)}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{\text{1 অণু গ্যাস বা বাষ্পের ওজন}}{\text{1টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}}$$

$= \frac{1}{2} \times$ গ্যাস বা বাষ্পের আণবিক ওজন (M)

∴ M = 2 × বাষ্প-ঘনত্ব।

(b) কোন গ্যাসের 1 গ্রাম-অণু যে আয়তন অধিকার করে, তাহাকে উহার 'আণব আয়তন' বলে। কোন গ্যাসের 1 গ্রাম-অণুতে উহার স্থির-সংখ্যক ($6{\cdot}023 \times 10^{23}$) অণু থাকে। অতএব, কোন গ্যাসের আণব আয়তন উহার $6{\cdot}023 \times 10^{23}$টি অণু কর্তৃক অধিকৃত আয়তন (কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে)। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে আমরা জানি যে, সম-উষ্ণতা ও চাপে, সম-আয়তন বিভিন্ন গ্যাসে উহাদের সমান সংখ্যক অণু থাকে। সুতরাং, এই প্রকল্পের বিপরীত বক্তব্যও সঠিক বলিয়া ধরিতে কোন বাধা নাই। অর্থাৎ, সমান চাপ ও উষ্ণতায়, সমান সংখ্যক যে-কোন গ্যাসের অণু সমান আয়তন অধিকার করিবে। সুতরাং, সমান চাপ ও তাপমাত্রায়

যে-কোন গ্যাসের $6 \cdot 023 \times 10^{23}$টি অণু সমান আয়তন অধিকার করিবে। অর্থাৎ, সমান চাপ ও তাপমাত্রায় যে-কোন গ্যাসের আণব আয়তন সমান।

এক্ষণে, গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব (D)

$$= \frac{\text{N. T. P.-তে 1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{N. T. P.-তে 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$= \frac{\text{N. T. P.-তে 1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{0 \cdot 089 \text{ গ্রাম}}$$

($\because$ N. T. P.-তে 1 লিটার H_2-এর ওজন $= 0 \cdot 089$ গ্রাম)

$\therefore$ N.T.P.-তে 1 লিটার গ্যাসের ওজন $= D \times 0 \cdot 089$ গ্রাম

কিন্তু, আণবিক ওজন, $M = 2 \times D$; বা, $D = \frac{M}{2}$

$\therefore$ N.T.P.-তে 1 লিটার গ্যাসের ওজন $= \frac{M}{2} \times 0 \cdot 089$ গ্রাম

সুতরাং, $\frac{M}{2} \times 0 \cdot 089$ গ্রাম গ্যাসটি N.T.P.-তে 1 লিটার আয়তন অধিকার করে

$\therefore$ M গ্রাম ,, ,, $\frac{2 \times M}{M \times 0 \cdot 089}$

$= 22 \cdot 4$ লিটার আয়তন অধিকার করে।

অর্থাৎ, যে-কোন গ্যাসের N.T.P.-তে আণব আয়তন $= 22 \cdot 4$ লিটার।

(c) পরীক্ষালব্ধ ফলাফল হইতে জানা আছে যে, সমান উষ্ণতা ও চাপে,

1 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন ক্লোরিন = 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস। যদি এই অবস্থায় 1 আয়তন হাইড্রোজেনে x-সংখ্যক হাইড্রোজেনের অণু থাকে, তবে 1 অণু ক্লোরিনে n সংখ্যক ক্লোরিন অণু ও 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে $2n$ অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড থাকিবে। (অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে।)

সুতরাং,

n অণু হাইড্রোজেন + n অণু ক্লোরিন = $2n$ অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস

বা, 1 অণু ,, + 1 অণু ,, = 2 অণু ,, ,, ,,

পরমাণু-তত্ত্ব অনুসারে, 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে অন্ততঃ 1টি হাইড্রোজেন ও 1টি ক্লোরিন পরমাণু থাকিবে। (যেহেতু পরমাণু অবিভাজ্য)। অতএব, 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে অন্ততঃ 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু ও 2টি ক্লোরিন পরমাণু থাকিবে। অতএব, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের প্রতি অণুতে অন্ততঃ দুইটি করিয়া

উহাদের পরমাণু থাকিবে। এক্ষণে HCl-এর অণুতে 1টি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান ; কারণ উহা একক্ষারিক অম্ল এবং ইহার কেবলমাত্র NaCl জাতীয় এক-প্রতিস্থাপিত লবণই পাওয়া যায়। অতএব দুইটি HCl অণুতে 2টি হাইড্রোজেন ও 2টি ক্লোরিন পরমাণু আছে। অতএব, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস দ্বি-পরমাণুক।

এইরূপে, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযুক্তিতে জল গঠন বিক্রিয়া ও হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের সংযুক্তিতে অ্যামোনিয়া গঠন বিক্রিয়া লইয়া দেখানো যায় যে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনও দ্বি-পরমাণুক। অর্থাৎ, মৌলিক গ্যাসগুলি দ্বি-পরমাণুক।

(d) যে-কোন যৌগের 1 গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা, বা যে-কোন মৌলের 1 গ্রাম-পরমাণুতে পরমাণুর সংখ্যা, বা N. T. P.-তে 22·4 লিটার কোন গ্যাস বা বাষ্পে উহার অণুর সংখ্যা একটি নিত্য-সংখ্যা। এই সংখ্যাটিকে 'অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা' বলা হয়। ইহার মান $6{\cdot}023 \times 10^{23}$।

(e) N. T. P.-তে 22·4 লিটার ওজোন = 1 গ্রাম-অণু ওজোন

$\therefore$,, 11·2 লিটার ওজোন $= \frac{11{\cdot}2}{22{\cdot}4} = 0{\cdot}5$ গ্রাম-অণু ওজোন

1 গ্রাম-অণু ওজোনে উহার অণুর সংখ্যা $= 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

$\therefore$ 0·5 গ্রাম-অণু ,, ,, ,, ,, $= \frac{6{\cdot}023 \times 10^{23}}{2}$

একটি ওজোনের অণুতে 3টি অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান।

$\therefore \frac{6{\cdot}023 \times 10^{23}}{2}$ টি ওজোনের অণুতে $\frac{6{\cdot}023 \times 10^{23}}{2} \times 3 = 9{\cdot}0345 \times 10^{23}$টি অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান।

অর্থাৎ, N. T. P-তে 11·2 লিটার ওজোনে অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা $= 9{\cdot}0345 \times 10^{23}$।

(f) 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব = 1 গ্রাম/ml.

$\therefore$ এই অবস্থায় 0·05 ml. জলের ওজন = 0·05 গ্রাম।

জলের গ্রাম-আণবিক ওজন = (2 + 16) = 18 গ্রাম।

অতএব, 18 গ্রাম জলে উহার অণুর সংখ্যা $= 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

$\therefore$ 0·05 গ্রাম ,, ,, ,, ,, $= \frac{6{\cdot}023 \times 10^{23} \times 0{\cdot}05}{18}$

$= 0{\cdot}01673 \times 10^{23}$টি।

$= 1{\cdot}673 \times 10^{21}$টি।

***প্রশ্ন। (a) রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রের কোন্‌টিকে ডালটনের পরমাণু-তত্ত্বের দ্বারা প্রতিষ্ঠা করা যায় না এবং কেন যায় না ?**

(b) অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে গে লুসাকের গ্যাস-আয়তন সূত্রটিকে প্রতিষ্ঠা কর।

[(a) Which one of the laws of chemical combinations cannot be established by Dalton's atomic theory and why ?

(b) Deduce Gay Lussac's law of gaseous volumes from Avogadro's hypothesis.]

উঃ। রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রের গ্যাস-আয়তন সূত্রটিকে ডালটনের পরমাণু-তত্ত্বের ধারাগুলির সাহায্যে প্রতিষ্ঠা করা যায় না। পরমাণু-তত্ত্বে পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণিকারূপে পরমাণুর কল্পনা করা হইয়াছে। কিন্তু, গ্যাসীয় পদার্থ স্বাধীনভাবে অণু-রূপে বর্তমান থাকে এবং সেই অবস্থায়ই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। স্বাধীন-সত্ত্বাযুক্ত পদার্থ-কণিকারূপে অণুর জ্ঞান ও গ্যাসীয় বিক্রিয়ার গণনায় উহার প্রয়োগের অভাবের জন্যই পরমাণু-তত্ত্বের সাহায্যে গ্যাস-আয়তন সূত্র প্রতিষ্ঠা করা যায় না।

(b) ধরা যাক্, A ও B গ্যাস দুইটি বিক্রিয়া করিয়া গ্যাসীয় উৎপন্ন পদার্থ C গঠন করে। যদি m অণু A, n অণু B-এর সহিত ক্রিয়ান্বিত হয়, তবে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী, m ও n সরল পূর্ণ-সংখ্যা। কোন নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায়, 1 একক আয়তনে যদি x সংখ্যক A-এর অণু থাকে, তবে ঐ অবস্থায় 1 একক আয়তনে B-এর x সংখ্যক অণু থাকিবে। অতএব, $\frac{m}{x}$ আয়তন A, $\frac{n}{x}$ আয়তন B-এর সহিত যুক্ত হইবে। অতএব, বিক্রিয়ক গ্যাসদ্বয়ের আয়তনের অনুপাত $= \frac{m}{x} : \frac{n}{x} = m : n$।
ইহা একটি ক্ষুদ্র পূর্ণ-সংখ্যার সরল অনুপাত, কারণ m ও n ক্ষুদ্র পূর্ণ-সংখ্যা।

চাপ ও উষ্ণতার উপরোক্ত অবস্থায়, উৎপন্ন পদার্থ C-এর অণুর সংখ্যাও একটি পূর্ণ-সংখ্যা (ধরা যাক্ p) হইবে কারণ, ভগ্নাংশ অণুর স্বাধীন সত্ত্বা নাই। অতএব, C-এর আয়তন $= \frac{p}{x}$. সুতরাং, A, B ও C-এর আয়তনের অনুপাত $= \frac{m}{x} : \frac{n}{x} : \frac{p}{x} = m : n : p$. ইহা ক্ষুদ্র সংখ্যার একটি সরল অনুপাত। অতএব, অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প হইতে গ্যাস-আয়তন সূত্র প্রতিষ্ঠিত হইল।

প্রশ্ন ৪। মৌলের পারমাণবিক ওজন, যোজ্যতা ও তুল্যাংকভারের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

(*a*) লঘু খনিজ অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে ধাতুর তুল্যাংকভার কিরূপে নির্ণয় করিবে ? (গণনার বিস্তৃত বিবরণ দিতে হইবে।)

(*b*) শুষ্ক ও উত্তপ্ত হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে কোন ধাতুর অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া কিভাবে ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় করিবে ?

(*c*) $AgNO_3$ দ্রবণ হইতে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের সাহায্যে সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত করিয়া কিরূপে সিলভারের তুল্যাংকভার নির্ণয় করিবে ?

[Deduce a relationship between the atomic weight, valency and equivalent weight of an element.

(a) How would you proceed to determine the equivalent weight of a metal by hydrogen displacement method from a dilute mineral acid ? (Details of method of calculation should be given).

(b) How would you determine the equivalent weight of a metal by reducing its oxide in a current of dry and heated hydrogen ?

(c) Determination of equivalent weight of metallic silver by silver chloride precipitation from $AgNO_3$ solution and sodium chloride solution.

(Simple numerical problems on equivalent weight determination and calculation of molecular weight from the mass of a gaseous substance of a definite volume at a definite temperature and pressure.)]

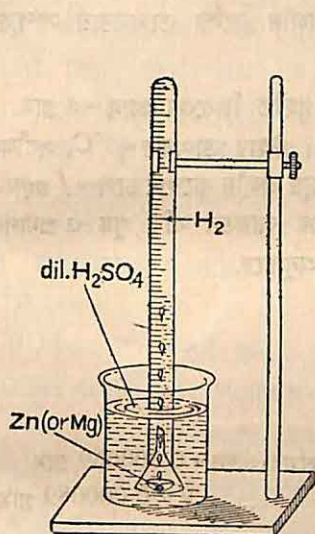
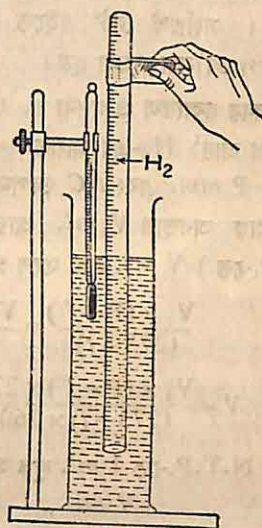
উঃ। ধরা যাক্, একটি মৌলের পারমাণবিক ওজন = A ; উহার যোজ্যতা = V এবং তুল্যাংকভার = E। মৌলের 1 টি পরমাণু যে কয়টি হাইড্রোজেনের পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়, তাহাই মৌলটির যোজ্যতা। অতএব, বর্তমান মৌলটির ক্ষেত্রে, Vটি হাইড্রোজেনের পরমাণু ঐ মৌলের 1টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়। হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন = 1। অতএব, আমরা বলিতে পারি যে, $V \times 1 = V$ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন A ভাগ ওজনের মৌলটির সহিত যুক্ত হয়। বা, 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন মৌলটির $\frac{A}{V}$ ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হয়। কিন্তু, 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন কোন মৌলের যে কয়ভাগ ওজনের সহিত মিলিত হয়, তাহাকে মৌলের তুল্যাংকভার বলে। অতএব, বর্তমান মৌলের তুল্যাংকভার, $E = \frac{A}{V}$; বা, $A = E \times V$। অর্থাৎ, **মৌলের পারমাণবিক ওজন = মৌলের তুল্যাংকভার × উহার যোজ্যতা।**

(a) ধাতুর তুল্যাংভার নির্ণয় : হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতি :

জিংক, আয়রন, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাংকভার এই পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায়। জিংকের উদাহরণের সাহায্যে পদ্ধতিটি নিম্নে বর্ণিত হইল।

নীতি : নির্দিষ্ট ওজনের জিংকের সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ শুষ্ক হাইড্রোজেন পাওয়া যায়, তাহার ওজন প্রথমে নির্ণয় করা হয়। ইহার পর, এই বিক্রিয়া অনুযায়ী 1·008 গ্রাম শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে যত গ্রাম

জিংক প্রয়োজন তাহার পরিমাণ গণনা করা হয়। জিংকের এই নির্ণীত ওজনের ভাগই ইহার তুল্যাংকভার।

পদ্ধতি ঃ একটি ছোট ওয়াচ-গ্লাসে (watch glass) জ্ঞাত সঠিক ওজনের বিশুদ্ধ জিংক ধাতুর দানা লইয়া উহাকে একটি কাচের বীকারের তলদেশে স্থাপন করা হয়। একটি ছোট কাচের ফানেল উপুড় করিয়া জিংকসহ ওয়াচ-গ্লাসটিকে সম্পূর্ণরূপে ঢাকিয়া দেওয়া হয়। বীকারে পাতিত জল ঢালিয়া ফানেলের নলটিকে সম্পূর্ণ-

(ক) (খ)

রূপে ডুবাইয়া দেওয়া হয়। এক-মুখ-বন্ধ একটি অংশাংকিত গ্যাস-সংগ্রাহক নলকে জলদ্বারা পূর্ণ করিয়া ফানেলের নলের উপর উপুড় করিয়া স্থাপন করা হয়। (অংশাংকিত নলে যেন কোন বায়ু না থাকে, সেদিকে লক্ষ্য রাখা হয়)। অতঃপর বীকারের জলে 2-3 ফোঁটা কপার সালফেট দ্রবণ যুক্ত করিয়া উহাতে খানিকটা গাঢ় H_2SO_4 মিশানো হয় এবং মিশ্রণটিকে সাবধানে নাড়িয়া দেওয়া হয়। (নাড়িবার সময় ফানেলটি যাহাতে সরিয়া না যায়, সেদিকে লক্ষ্য রাখা হয়)। লঘু H_2SO_4 দ্রবণ জিংকের সংস্পর্শে আসিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে এবং এই গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে ফানেলের নলের ভিতর দিয়া আসিয়া গ্যাস-সংগ্রাহক নলের জল অপসারিত করে এবং উহাতে সঞ্চিত হয় (চিত্র 'ক')।

অ্যাসিড দ্রবণে জিংক সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইয়া গেলে হাইড্রোজেন গ্যাসের বুদ্‌বুদ্ উঠা বন্ধ হইয়া যায়। (প্রয়োজন বোধে, বীকারের জলে আরও খানিকটা ঘন H_2SO_4 মিশাইয়া জিংককে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করিতে হইবে)। অতঃপর গ্যাস-

নলটির খোলা মুখ জলের নিচেই হাতের আঙ্গুল দ্বারা চাপিয়া বন্ধ করা হয় এবং উহাকে জল হইতে উঠাইয়া একটি জলপূর্ণ বড় কাচের সিলিণ্ডারে স্থাপন করা হয়। (নলটির খোলা মুখ জলের নিচে থাকে)। নলটিকে একটুকরা কাগজ দিয়া ধরিয়া উহাকে জলের মধ্যে অল্প উঠাইয়া বা নামাইয়া নলের ভিতরের ও বাহিরের জলতল সমান করা হয় এবং এই অবস্থায় নলের অংশাংকন হইতে বায়ু-চাপে সংগৃহীত আর্দ্র গ্যাসের আয়তন মাপা হয় (চিত্র 'খ')। সিলিণ্ডারের জলের তাপমাত্রা একটি থার্মোমিটারের সাহায্যে এবং পরীক্ষা-কক্ষের বায়ু-চাপ ব্যারোমিটার হইতে দেখিয়া লওয়া হয়। সংশ্লিষ্ট চার্ট হইতে পরীক্ষাকালীন জলের তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ জানিয়া লওয়া হয়।

পরীক্ষার ফলাফল ও গণনা ঃ ধরা যাক্, গৃহীত জিংকের ওজন = a গ্রাম, উৎপন্ন আর্দ্র H_2-এর আয়তন = $V_1 ml.$; উহার তাপমাত্র = $t°C$, পরীক্ষাকালীন বায়ু-চাপ = $P\ mm.$ এবং $t°C$ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = $f\ mm.$

উপরোক্ত অবস্থায় $V_1 ml.$ আর্দ্র H_2-এর আয়তন যদি শুষ্ক ও প্রমাণ অবস্থায় (N.T.P.-তে) $V\ ml.$ হয়, তবে গ্যাস-সূত্র অনুসারে,

$$\frac{V_1 \times (P-f)}{(273+t)} = \frac{V \times 760}{273}$$

$$\text{বা, } V = \frac{V_1 \times (P-f) \times 273}{(273+t) \times 760} ml.$$

N.T.P.-তে 1 $ml.$ শুষ্ক হাইড্রোজেনের ওজন = 0·000089 গ্রাম

∴ ,, $V\ ml$,, ,, ,, = $V \times 0·000089$ গ্রাম।

সুতরাং, দেখা যাইতেছে যে,

$V \times 0·000089$ গ্রাম H_2 প্রতিস্থাপিত হয় a গ্রাম জিংক দ্বারা

∴ 1·008 গ্রাম ,, ,, ,, $\dfrac{a \times 1·008}{V \times 0·000089}$ গ্রাম জিংক দ্বারা।

$$\therefore \text{ জিংকের তুল্যাংকভার} = \frac{a \times 1·008}{V \times 0·000089}$$

$$= \frac{a \times 1·008 \times (273+t) \times 760}{V_1(P-f) \times 273 \times 0·000089}$$

(V-এর মান বসাইয়া)

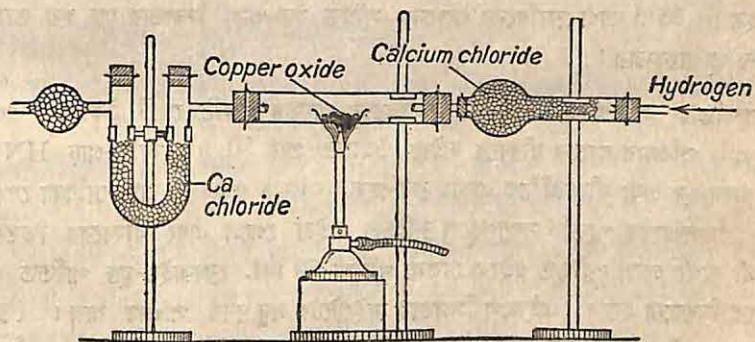
উপরোক্ত সমীকরণে সবগুলি রাশির মান জানা। অতএব, উহাদের পরীক্ষালব্ধ মান বসাইলে জিংকের তুল্যাংকভার পাওয়া যায়।

(b) **ধাতব অক্সাইড বিজারণ পদ্ধতি ঃ**

বিশুদ্ধ কপার অক্‌সাইডকে (CuO) উত্তপ্ত হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে কপার ধাতুরূপে বিজারিত করিয়া ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

নীতি ঃ গৃহীত CuO-এর ওজন এবং সম্পূর্ণ বিজারণের পর উৎপন্ন কপারের ওজন মাপিয়া, উক্ত CuO-এ কত গ্রাম Cu-এর সহিত কত গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত ছিল, তাহা জানা যায়। এই ফলাফল হইতে, ৪ ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত কত ভাগ ওজনের কপার যুক্ত থাকে (CuO যৌগে), তাহা গণনা করা হয়। নির্ণীত Cu-এর ওজনের ভাগই উহার তুল্যাংকভার।

পদ্ধতি ঃ একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক পোর্সেলিনের ছোট বোটের (boat) সঠিক ওজন লইয়া উহাতে অল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ CuO লওয়া হয়। CuO সহ বোটটিকে পুনরায় সঠিক ভাবে ওজন করা হয়। এই বোটটিকে (CuO সহ) একটি শক্ত কাচের অনুভূমিক দহন-নলের ভিতর স্থাপন করা হয় (নলটি ধারকের সাহায্যে স্ট্যাণ্ডে আটকানো থাকে)। নলের খোলা মুখ দুইটি একটি আগম-নল ও একটি নির্গম-নল যুক্ত ছিপি দ্বারা বন্ধ থাকে। আগম-নলের ভিতর দিয়া শুষ্ক ও বিশুদ্ধ H_2 গ্যাস নলস্থিত CuO-এর উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। নির্গম-নলের সহিত গলিত $CaCl_2$-পূর্ণ একটি U-নল ও একটি রক্ষক নল লাগানো থাকে। (ইহাতে উৎপন্ন জলীয় বাষ্প শোষিত হয়)। হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহের সময় নলস্থিত বোটটিকে দীপশিখায় উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র দেখ)

CuO-বিজারণ সম্পূর্ণ হইলে দীপশিখা সরাইয়া উত্তাপন বন্ধ করা হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহ অব্যাহত রাখিয়া বোটটিকে শীতল করা হয়। শীতল

অবস্থায় বোটটিকে বাহির করিয়া উহার সঠিক ওজন লওয়া হয়। (হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তাপন, শীতলীকরণ ও ওজন লইয়া যতক্ষণ না বোটটির স্থির ওজন পাওয়া যায়, ততক্ষণ এই পরীক্ষা চালানো হয়)।

পরীক্ষার ফল ও গণনা ঃ ধরা যাক, বোটের ওজন $= a$ গ্রাম ; CuO-সহ বোটের ওজন $= b$ গ্রাম ও বিজারিত Cu সহ বোটের ওজন $= c$ গ্রাম।

অতএব, গৃহীত CuO-এর ওজন $= (b - a)$ গ্রাম।

উৎপন্ন Cu-এর ওজন $= (c - a)$ গ্রাম।

সুতরাং, $(c-a)$ গ্রাম ওজনের কপারের সহিত $[(b-a)-(c-a)]=(b-c)$ গ্রাম ওজনের অক্সিজেনযুক্ত ছিল।

অতএব, 8 ভাগ ওজনের অক্‌সিজেনের সহিত $\frac{(c-a)\times 8}{(b-c)}$ ভাগ ওজনের Cu যুক্ত ছিল। সুতরাং, কপারের তুল্যাংকভার $=\frac{(c-a)\times 8}{(b-c)}$.

a, b, c প্রত্যেকটির মান জানা আছে। অতএব, কপারের তুল্যাংকভার ইহা হইতে নির্ণীত হয়।

(c) **সিলভারের তুল্যাংকভার নির্ণয় : সিলভার ক্লোরাইড গঠন পদ্ধতি :**

নীতি : জ্ঞাত ওজনের বিশুদ্ধ সিলভার ধাতুকে নাইট্রিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করিয়া সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ পাওয়া যায়। **বর্ণহীন,** নির্মল এই দ্রবণে প্রয়োজনীয় পরিমাণ NaCl দ্রবণ মিশাইলে সাদাবর্ণের সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপকে ছাঁকিয়া লইয়া উত্তমরূপে পাতিত জল দ্বারা ধৌত করা হয় এবং পরে শুষ্ক করিয়া উহার স্থির ওজন লওয়া হয়। গৃহীত Ag-এর ওজন ও উৎপন্ন AgCl-এর ওজন হইতে সিলভারের জ্ঞাত ওজনের সহিত যতভাগ ক্লোরিন যুক্ত আছে, তাহা গণনা করা হয়। 35·5 ভাগ ক্লোরিনের ওজনের সহিত যত ভাগ সিলভার যুক্ত হয়, তাহাই ধাতুটির তুল্যাংকভার।

পদ্ধতি : সঠিক জ্ঞাত ওজনের সিলভারের পাতের একঠি ছোট টুকরাকে একটি 250 ml. পরিষ্কার কাচের বীকারে লইয়া উহাতে প্রায় 50 ml. নাতি-গাঢ় HNO_3 দ্রবণ ঢালা হয় এবং বীকারটিকে একটি ক্লক-গ্লাস (clock glass) দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া হয়। সিলভারের পাতটি সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইয়া গেলে এবং বীকারের ভিতরের বাদামী বর্ণের গ্যাস দূরীভূত হইলে ঢাকনা খুলিয়া 50 ml. ক্লোরাইড-মুক্ত পাতিত জল বীকারে মিশানো হয়। এইরূপে সিলভার নাইট্রেটের লঘু দ্রবণ পাওয়া যায়। (ক্লক-গ্লাসটিকে পাতিত জল দ্বারা ধুইয়া ঐ জল বীকারে যুক্ত করা হয়)। এই দ্রবণে সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ মিশাইয়া মিশ্রণটিকে আলোড়িত করা হয় এবং উহাকে জল-গাহের উপর কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করিয়া অধঃক্ষিপ্ত সিলভার ক্লোরাইডকে ছাঁকিয়া লওয়া হয়। অধঃক্ষেপকে উত্তমরূপে পাতিত জল দ্বারা ধুইয়া, বায়ু-উনানে 130°C তাপ-মাত্রায় শুষ্ক করিয়া স্থির ওজন লওয়া হয়। (অধঃক্ষেপণের জন্য যতখানি প্রয়োজন তাহা অপেক্ষা খুব বেশী পরিমাণ NaCl-দ্রবণ ব্যবহার করা অনুচিত)।

পরীক্ষার ফল ও গণনা : ধরা যাক্, গৃহীত Ag পাতের ওজন $=a$ গ্রাম ও শুষ্ক সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $=b$ গ্রাম। অতএব, ঐ পরিমাণ সিলভার ক্লোরাইডে $(b-a)$ গ্রাম ক্লোরিন বর্তমান।

সুতরাং, $(b-a)$ গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় a গ্রাম সিলভারের সহিত

$\therefore$ 35·5 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় $\frac{a \times 35{\cdot}5}{(a-b)}$ গ্রাম সিলভারের সহিত

অতএব, সিলভারের তুল্যাংকভার $\frac{a \times 35{\cdot}5}{(b-a)}$.

এই ক্ষেত্রে a ও b-এর মান জানা। অতএব, ইহা হইতে সিলভারের তুল্যাংকভার গণনা করা যায়।

তুল্যাংকভার সম্পর্কীয় রাসায়নিক গণনা :

(১) একটি ধাতুর 0·33 গ্রাম লইয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে প্রমাণ অবস্থায় 113 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। ধাতুটির তুল্যাংকভার কত ?

উঃ। প্রমাণ অবস্থায় 1 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেনের ওজন = 0·000089 গ্রাম

$\therefore$,, ,, 113 ml. ,, ,, ,, = 0·000089 × 113 গ্রাম

= 0·010057 গ্রাম।

প্রশ্নানুযায়ী, 0·010057 গ্রাম H_2 প্রতিস্থাপিত হয় 0·33 গ্রাম ধাতু দ্বারা

$\therefore$ 1·008 গ্রাম H_2 প্রতিস্থাপিত হয় $\frac{0{\cdot}33 \times 1{\cdot}001}{0{\cdot}010057} = 33$ গ্রাম ধাতু দ্বারা।

সুতরাং, ধাতুটির তুল্যাংকভার = 33.

(২) 0·218 গ্রাম Mg ধাতু লঘু HCl-এর সহিত সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করিয়া 17°C ও 754·5 mm. চাপে 218·2 ml. আর্দ্র হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার কত ? [17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের সম্পৃক্ত চাপ = 14·4 mm. ; N. T. P.-তে 1ml. H_2-এর ওজন = 0 0000898 গ্রাম।]

উঃ। সংগৃহীত হাইড্রোজেনের চাপ = 754·5 − 14·4 = 740·1 mm.

,, ,, তাপমাত্রা = 17°C = 273 + 17 = 290°A

,, ,, আয়তন = 218·2ml.

এই পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন যদি N. T. P.-তে V ml. হয়, তবে

গ্যাস-সূত্র অনুযায়ী, $\frac{V \times 760}{273} = \frac{218{\cdot}2 \times 740{\cdot}1}{290}$

বা, $V = \frac{218{\cdot}2 \times 740{\cdot}1 \times 273}{290 \times 760}$ ml

= 199·6ml.

N. T. P.-তে 199·6 ml. হাইড্রোজেনের ওজন = 199·6 × 0·0000898 গ্রাম।

= 0·0179 গ্রাম।

সুতরাং, 0·01 9 গ্রাম H_2 প্রতিস্থাপিত হয় 0·218 গ্রাম Mg দ্বারা

∴ 1·008 গ্রাম H_2 প্রতিস্থাপিত হয় $\frac{0·218 \times 1·008}{0·0179} = 12·24$ গ্রাম Mg দ্বারা।

অতএব, ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার = 12·24.

(৩) 0·8567 গ্রাম কপার অক্সাইডকে শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া 0·6842 গ্রাম ধাতব কপার পাওয়া গেল। কপারের তুল্যাংকভার কত ?

উঃ। 0·8567 গ্রাম CuO-এ 0·6842 গ্রাম Cu আছে

∴ 0·6842 গ্রাম Cu-এর সহিত (0·8567 – 0·6842) = 0·1725 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত ছিল।

অর্থাৎ, 0·1725 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 0·6842 গ্রাম কপারের সহিত

∴ 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\frac{0·6842 \times 8}{0·1725} = 31·75$ গ্রাম কপারের সহিত।

সুতরাং, কপারের তুল্যাংকভার = 31·75.

(৪) একটি ধাতুর অক্সাইডে 52·91% ধাতুটি বর্তমান। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর।

উঃ। ধাতুর অক্সাইডটিতে 52·91% ধাতু আছে। অর্থাৎ, উহাতে (100 – 52·91) = 47·09% অক্সিজেন আছে।

অর্থাৎ, এই অক্সাইডে,
47·09 ভাগ ওজনের অক্সিজেন 52·91 ভাগ ওজনের ধাতুর সহিত যুক্ত

∴ 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন $\frac{52·91 \times 8}{47·09} = 8·98$ ভাগ ওজনের ধাতুর সহিত যুক্ত।

সুতরাং, ধাতুটির তুল্যাংকভার = 8·98.

(৫) উচ্চতাপে মার্কিউরিক অক্সাইড বিযোজিত হইয়া মার্কারী ও অক্সিজেনে পরিণত হয় ($2HgO = 2Hg + O_2$)। 1·72 গ্রাম মার্কিউরিক অক্সাইডকে উপরি-উক্ত রূপে বিযোজিত করিয়া প্রমাণ অবস্থায় 88·86 ml. অক্সিজেন পাওয়া গেল। মার্কারীর তুল্যাংকভার কত ?

উঃ। অক্সিজেনের 1 গ্রাম-অণু = 32 গ্রাম O_2.

∴ N. T. P.-তে 22,400 ml. অক্সিজেনের ওজন 32 গ্রাম

সুতরাং, ,, 88·86 ml. ,, ,, $\frac{32 \times 88·86}{22400} = 0·127$ গ্রাম।

প্রশ্নানুসারে, 1·72 গ্রাম HgO যৌগে 0·127 গ্রাম অক্সিজেন বর্তমান।

অর্থাৎ, 0·127 গ্রাম অক্‌সিজেন $(1·72 - 0·127) = 1·593$ গ্রাম মার্কারীর সহিত যুক্ত।

$\therefore$ 8 গ্রাম অক্‌সিজেন $\frac{1·593 \times 8}{0·127} = 100·35$ গ্রাম মার্কারীর সহিত যুক্ত।

সুতরাং, মার্কারীর তুল্যাংকভার = 100·35.

(৬) একটি ধাতব ক্লোরাইডে 39·3% ধাতু আছে। ধাতুটির তুল্যাংকভার কত ?

উঃ। ধাতব ক্লোরাইডে ধাতু আছে 39·3% ; অতএব, উহাতে ক্লোরিন আছে $(100 - 39·3) = 60·7\%$

অর্থাৎ, এই যৌগে 60·7 ভাগ ওজনের ক্লোরিন 39·3 ভাগ ওজনের ধাতুর সহিত যুক্ত

$\therefore$ এই যৌগে 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিন $\frac{39·3 \times 35·5}{60·7} = 22·9$ ভাগ ওজনের ধাতুর সহিত যুক্ত। সুতরাং, ধাতুটির তুল্যাংকভার = 22·9.

(৭) 1·6182 গ্রাম বিশুদ্ধ সিলভার ধাতুকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণে পর্যাপ্ত পরিমাণ লঘু HCl দ্রবণ মিশাইলে 2·1501 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। সিলভারের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। (Cl-এর তুল্যাংকভার = 35·46)

উঃ। গৃহীত সিলভারের ওজন = 1·6182 গ্রাম। উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন = 2·1501 গ্রাম।

$\therefore$ 1·6182 গ্রাম সিলভারের সহিত যুক্ত ক্লোরিনের ওজন = $(2·1501 - 1·6182) = 0·5319$ গ্রাম।

অর্থাৎ, 0·5319 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় 1·6182 গ্রাম সিলভারের সহিত

$\therefore$ 35·46 গ্রাম ,, ,, $\frac{1·6182 \times 35·46}{0·5319} = 107·88$ গ্রাম সিলভারের সহিত। সুতরাং, সিলভারের তুল্যাংকভার = 107·88

নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তন গ্যাসের ওজন হইতে উহার আণবিক ওজন গণনা।

[এই সকল গণনার ক্ষেত্রে মনে রাখিতে হইবে যে, **প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 22,400 ml. (বা 22·4 লিটার) কোন গ্যাস বা বাষ্পের ওজন উহার গ্রাম-আণবিক ওজনের সমান।**

(৮) প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 100 ml. একটি গ্যাসের ওজন 0·317 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক ওজন ও বাষ্প-ঘনত্ব নির্ণয় কর।

উঃ। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 100 ml. গ্যাসের ওজন = 0·317 গ্রাম।

$\therefore$,, ,, ,, 22,400 ml. ,, ,, $= \frac{0·317 \times 22.400}{100}$

$= 71$ গ্রাম।

আমরা জানি যে, প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22,400 ml. কোন গ্যাসের ওজন উহার গ্রাম-আণবিক ওজনের সমান। সুতরাং, গ্যাসটির গ্রাম-আণবিক ওজন = 71 ;
বা, উহার আণবিক ওজন = 71.

$$\text{গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব} = \frac{\text{গ্যাসের আণবিক ওজন}}{2}$$

$$\therefore \text{ প্রদত্ত গ্যাসটির বাষ্প-ঘনত্ব} = \frac{71}{2} = 35{\cdot}5.$$

(৯) 27°C ও 750 mm. **চাপে 0·344 গ্রাম কোন গ্যাসের আয়তন 304 ml. হইলে উহার আণবিক ওজন কত ?**

উঃ। প্রমাণ অবস্থায় 0·344 গ্রাম গ্যাসটির আয়তন যদি V ml. হয়, তবে

$$\text{গ্যাস সূত্র অনুসারে, } \frac{V \times 760}{273} = \frac{304 \times 750}{(273+27)}$$

$$\text{বা, } V = \frac{304 \times 750 \times 273}{300 \times 760} = 273 \text{ ml.}$$

অতএব, প্রমাণ অবস্থায় 273 ml. গ্যাসের ওজন = 0·344 গ্রাম

$$\therefore \quad " \quad " \quad 22{,}400 \text{ ml. } " \quad " = \frac{0{\cdot}344 \times 22400}{273} = 28{\cdot}23 \text{ গ্রাম।}$$

আমরা জানি যে, প্রমাণ অবস্থায় 22,400 ml. কোন গ্যাসের ওজন উহার গ্রাম-আণবিক ওজনের সমান। সুতরাং, গ্যাসটির গ্রাম-আণবিক ওজন = 28·23 গ্রাম ; বা, উহার আণবিক ওজন = 28·23।

(১০) 0·185 **গ্রাম একটি তরলকে ভিক্টর মেয়ার যন্ত্রে সম্পূর্ণরূপে বাষ্পায়িত করিলে** N. T. P.-**তে** 56 ml. **বায়ু অপসারিত হয়। তরলটির আণবিক ওজন গণনা কর।**

উঃ। অপসারিত বায়ুর আয়তন = তরলের উৎপন্ন বাষ্পের আয়তন।

অর্থাৎ, 0·185 গ্রাম তরল হইতে N. T. P.-তে 56 ml. উহার বাষ্প উৎপন্ন হয়।

$$\therefore \text{ 22,400 ml. বাষ্প উৎপন্ন হয় } \frac{0{\cdot}185 \times 22400}{56} = 74 \text{ গ্রাম তরল হইতে।}$$

আমরা জানি, N. T. P.-তে 22,400 ml. বাষ্পের ওজন উহার গ্রাম-আণবিক ওজনের সমান। অর্থাৎ, বাষ্প তথা তরলটির গ্রাম-আণবিক ওজন = 74 গ্রাম ; বা, উহার আণবিক ওজন = 74।

প্রশ্ন। ডুলং ও পেটিটের সূত্র এবং মিত্‌শারলিকের সমাকৃতি সূত্রের সাহায্যে মৌলের পারমাণবিক ওজন গণনা। [Problems on determination of atomic weights of elements with the help of Dulong and Petit's law and Mitscherlich's law of isomorphism.]

উঃ। ডুলং ও পেটিটের সূত্র ঃ সাধারণ তাপমাত্রায়, কোন কঠিন মৌলের (কয়েকটি কঠিন মৌল ব্যতীত) পারমাণবিক তাপ মোটামুটি স্থির এবং উহার মান প্রায় 6·4।

[পারমাণবিক তাপ = পারমাণবিক গুরুত্ব × আপেক্ষিক তাপ।]

(১) একটি ধাতুর 0·125 গ্রাম ক্লোরাইডে 0·054 গ্রাম ধাতু বর্তমান। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·28 হইলে উহার সঠিক পারমাণবিক ওজন কত ?

[ক্লোরিনের তুল্যাংকভার = 35·5]

উঃ। 0·125 গ্রাম ক্লোরাইডে 0·054 গ্রাম ধাতু আছে।

অর্থাৎ, এই ক্লোরাইডে, 0·054 গ্রাম ধাতুর সহিত (0·125 − 0·054) = 0·071 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত আছে। $\therefore$ ধাতুটির তুল্যাংকভার $= \frac{0{\cdot}054 \times 35{\cdot}5}{0{\cdot}071} = 27.$

ডুলং ও পেটিটের সূত্র অনুযায়ী,

$$\text{ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন} = \frac{6{\cdot}4}{\text{ধাতুর আপেক্ষিক তাপ}}$$

$$= \frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}281} = 22{\cdot}8$$

$$\therefore \text{ ধাতুটির যোজ্যতা} = \frac{22{\cdot}8}{27} = 0{\cdot}84 \cong 1 \quad (\because \text{ যোজ্যতা পূর্ণসংখ্যা।})$$

অতএব, ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন,

= ধাতুর তুল্যাংকভার × যোজ্যতা*

= 27 × 1 = 27.

(2) X-মৌলের অক্সাইডে 10·3% (ওজনে) অক্সিজেন আছে। মৌলটির আপেক্ষিক তাপ 0·0305। মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর এবং উপরোক্ত অক্সাইডের সংকেত লিখ।

উঃ। মৌলটির অক্সাইডে 10·3% অক্সিজেন আছে ; অতএব, উহাতে

(100 − 10·3) = 89·7% × মৌল আছে।

---

* ডুলং ও পেটিটের সূত্রের সাহায্যে, কোন মৌলের পারমাণবিক তাপকে (6·4) উহার আপেক্ষিক তাপ দ্বারা ভাগ করিলে মৌলটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন জানা যায়। মৌলের পারমাণবিক ওজনের এইরূপে নির্ণীত মান সঠিক নয়। মৌলের সঠিক তুল্যাংকভার গণনার উত্তম পদ্ধতি বর্তমান। ডুলং ও পেটিট সূত্র হইতে মৌলের যে আনুমানিক পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়, তাহাকে উহার তুল্যাংকভার দ্বারা ভাগ করিলে মৌলটির যোজ্যতা বাহির হয়। এই যোজ্যতা ভগ্নাংশরূপে বাহির হইলে, উহাকে নিকটতম পূর্ণসংখ্যা রূপে ধরা হয়। কারণ, যোজ্যতা সর্বদা পূর্ণসংখ্যা। মৌলের সঠিক তুল্যাংকভারকে এই যোজ্যতার সংখ্যা দ্বারা গুণ করিলে মৌলের সঠিক পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়।

অর্থাৎ, 10·3 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত থাকে 89·7% X-এর সহিত

$$\therefore \quad \text{X-এর তুল্যাংকভার} = \frac{89{\cdot}7 \times 8}{10{\cdot}3} = 69{\cdot}3\,.$$

ডুলং ও পেটিটের সূত্র অনুযায়ী, X-এর আনুমানিক

$$\text{পারমাণবিক ওজন} = \frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}0305} = 209{\cdot}8$$

$$\therefore \quad \text{X-এর যোজ্যতা} = \frac{209{\cdot}8}{69{\cdot}3} = 3 \quad (\because \text{ যোজ্যতা পূর্ণসংখ্যা})$$

সুতরাং, X-এর সঠিক পারমাণবিক ওজন = 69·3 × 3 = 207·9.

যেহেতু X ত্রিযোজী মৌল, অতএব, উপরোক্ত অক্সাইডের সংকেত X_2O_3।

(৩) **M-ধাতুর দুইটি অক্সাইডে যথাক্রমে 63·2% ও 69·62% M বর্তমান। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·117 ক্যালরি / °C / গ্রাম। ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন ও অক্সাইড দুইটির সংকেত নির্ণয় কর।**

উঃ। প্রশ্ন হইতে বুঝা যায় যে, ধাতুটির তুল্যাংকভার ও যোজ্যতা দুইটি অক্সাইডে বিভিন্ন।

প্রথম অক্সাইডে, ধাতু = 63·2% ; ∴ অক্সিজেন = (100 − 63·2) = 36·8%

$$\therefore \quad \text{এই অক্সাইডে ধাতুর তুল্যাংকভার} = \frac{63{\cdot}2 \times 8}{36{\cdot}8} = 13{\cdot}74$$

$$\text{M-এর আনুমানিক পারমাণবিক ওজন} = \frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}117} = 54{\cdot}8$$

(ডুলং-পেটিট সূত্র)

$$\therefore \quad \text{এই অক্সাইডে ধাতুর যোজ্যতা} = \frac{54{\cdot}8}{13{\cdot}74} = 4.$$

সুতরাং, এই অক্সাইডের সংকেত MO_2।

দ্বিতীয় অক্সাইডে, ধাতু = 69·62% ;

$$\therefore \quad \text{অক্সিজেন} = (100 - 69{\cdot}62) = 30{\cdot}38\%$$

$$\therefore \quad \text{এই অক্সাইডে ধাতুর তুল্যাংকভার} = \frac{69{\cdot}62 \times 8}{30{\cdot}38} = 18.33.$$

ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন পূর্বেই গণনা করা হইয়াছে 54·8.

$$\therefore \quad \text{এই অক্সাইডে ধাতুটির যোজ্যতা} \frac{54{\cdot}8}{18{\cdot}33} = 3 \; (\because \text{ যোজ্যতা পূর্ণ-সংখ্যা।})$$

সুতরাং, দ্বিতীয় অক্সাইডের সংকেত M_2O_3.

(৪) **একটি ধাতুর লবণের দ্রবণের ভিতর দিয়া 20 মিনিট ধরিয়া 0·12 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে 0·1677 গ্রাম ধাতু ক্যাথোডে জমা হয়। ধাতুটির**

আপেক্ষিক তাপ 0·0556 ক্যালরি /°C/ গ্রাম হইলে, উহার পারমাণবিক ওজন কত ?

(1 ফ্যারাডে = 96,500 কুলম্ব ।)

উত্তর। ডুলং ও পেটিটের সূত্র অনুযায়ী,

$$\text{ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন} = \frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}0556} = 115{\cdot}1.$$

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য লবণের দ্রবণে প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ

= তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা × সেকেণ্ডে সময়

$= 0{\cdot}12 \times 20 \times 60$ কুলম্ব

= 150 কুলম্ব।

ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র অনুসারে, 96,500 কুলম্ব তড়িৎ যে-কোন ধাতুর 1 গ্রাম-তুল্যাংক ক্যাথোডে সঞ্চিত করে।

বর্তমান ক্ষেত্রে,

150 কুলম্ব তড়িৎ সঞ্চিত করে 0·1677 গ্রাম ধাতু

$\therefore$ 96,500 কুলম্ব তড়িৎ সঞ্চিত করে $\dfrac{0{\cdot}167 \times 96{,}500}{150}$

= 107·8 গ্রাম ধাতু।

অতএব, ধাতুটিরগ্রাম-তুল্যাংকভার = 107·8 গ্রাম ; বা, উহার তুল্যাংকভার = 107·8.

সুতরাং, ধাতুটির যোজ্যতা = $\dfrac{115{\cdot}1}{107{\cdot}8} = 1$ ($\because$ যোজ্যতা পূর্ণ-সংখ্যা)

অতএব, ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন = 107·8 × 107·8.

মিত্শারলিকের সমাকৃতি সূত্র ঃ রাসায়নিক প্রকৃতিতে পার্থক্য সত্ত্বেও, বিভিন্ন মৌল অনেক সময় একই ভাবে পরস্পর যুক্ত হইয়া সমাকৃতি কেলাস গঠন করে।

(৫) সাদা ভিট্রিয়ল (সোদক জিংক সালফেট) এপ্সম্ লবণের ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) সমাকৃতি কেলাস গঠন করে। সাদা ভিট্রিয়লে 22·95% জিংক ও 43·9% কেলাস-জল আছে। জিংকের পারমাণবিক ওজন কত ?

উঃ। যেহেতু সাদা ভিট্রিয়ল $MgSO_4, 7H_2O$-এর সহিত সমাকৃতি, ইহার আণবিক সংকেত $ZnSO_4, 7H_2O$। এই সংকেত হইতে দেখা যায় যে, 1টি জিংকের পরমাণু 1 অণু যৌগে বর্তমান। সুতরাং, 1টি জিংকের পরমাণু 7 অণু জলের সহিত যুক্ত। বা, 1 গ্রাম-পরমাণু Zn, 7 গ্রাম-অণু বা $7 \times 18 = 126$ গ্রাম জলের সহিত যুক্ত।

সাদা ভিট্রিয়লের বিশ্লেষণের ফলাফল হইতে দেখা যায় যে, 43·9 ভাগ ওজনের

জল, 22·95 ভাগ ওজনের জিংকের সহিত যুক্ত আছে। অতএব, 126 ভাগ ওজনের জল, $\frac{22 \cdot 95 \times 126}{43 \cdot 9} = 65$ ভাগ ওজনের জিংকের সহিত যুক্ত আছে।

∴ জিংকের পারমাণবিক ওজন = 65।

(৬) একটি ধাতুর ক্লোরাইডে 29·44% ক্লোরিন আছে। এই ক্লোরাইডটি পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সমাকৃতি-সম্পন্ন। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন কত ?

উঃ। ধরা যাক, ধাতুটির চিহ্ন M এবং উহার পারমাণবিক ওজন = x। যেহেতু উহার ক্লোরাইড KCl-এর সহিত সমাকৃতি-সম্পন্ন, অতএব, ঐ ক্লোরাইডের সংকেত MCl.

ধাতব ক্লোরাইডটিতে 29·44% ক্লোরিন আছে। অতএব, উহাতে (100 – 29·44) = 70·56% ধাতু আছে।

∴ এই ক্লোরাইড যৌগে, M ও Cl-পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত,

$$M : Cl = \frac{70 \cdot 56}{x} : \frac{29 \cdot 44}{35 \cdot 5}$$

বা, $1 : 1 = \frac{70 \cdot 56}{x} : \frac{29 \cdot 44}{35 \cdot 5}$ (∵ ক্লোরাইডের সংকেত MCl)

বা, $x = 85 \cdot 1$।

অতএব, ধাতুটির পারমাণবিক ওজন = 85·1।

(৭) A ও B মৌলের অক্সাইড দুইটি সমাকৃতি কেলাস গঠন করে। A মৌলের পারমাণবিক ওজন 52 এবং ইহার ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব 79। B মৌলের অক্সাইডে 47% অক্সিজেন আছে। B মৌলের পারমাণবিক ওজন কত ?

উঃ ঃ A মৌলের ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব = 79 ; অতএব, উহার আণবিক ওজন = 2 × 79 = 158। যদি A-এর যোজ্যতা n হয়, তবে উহার ক্লোরাইডের সংকেত ACl_n A-এর পারমাণবিক ওজন = 52।

$$\therefore \quad 52 + n \times 35 \cdot 5 = 158$$

বা, $n = \frac{158 - 52}{35 \cdot 5} = 3.$

যেহেতু A ও B মৌলের অক্সাইডদ্বয় সমাকৃতি এবং A-এর যোজ্যতা 3, অতএব, B-এর যোজ্যতাও 3।

B-এর অক্সাইডে 47·1% অক্সিজেন আছে ; অতএব, ইহাতে (100 – 47·1) = 52·9% B মৌল আছে। সুতরাং, B-এর তুল্যাংকভার = $\frac{52 \cdot 9 \times 8}{47 \cdot 1} = 8 \cdot 99$

∴ B-এর পারমাণবিক ওজন = 8·99 × 3 = 26·97.

(৮) M ধাতুর সালফেট $MgSO_4 . 7H_2O$-এর সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। 0·6538 গ্রাম M ধাতু সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে 2·16 গ্রাম সিলভার প্রতিস্থাপিত করে। M-এর পারমাণবিক ওজন কত? [Ag = 107·8 ; ইহার যোজ্যতা = 1]

উঃ 1 Ag-এর তুল্যাংকভার $= \frac{107 \cdot 8}{1} = 107 \cdot 8$

প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায়,

$$\frac{\text{প্রতিস্থাপক M ধাতুর ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত Ag-এর ওজন}} = \frac{\text{M-এর তুল্যাংকভার}}{\text{Ag-এর তুল্যাংকভার}}$$

$$\therefore \quad \frac{0 \cdot 6538 \text{ গ্রাম}}{2 \cdot 16 \text{ গ্রাম}} = \frac{\text{M-এর তুল্যাংকভার}}{107 \cdot ৮}$$

সুতরাং, M-এর তুল্যাংকভার $= \frac{0 \cdot 6538 \times 107 \cdot 8}{2 \cdot 16} = 32 \cdot 63$

যেহেতু M-ধাতুর সালফেট $MgSO_4 . 7H_2O$ যৌগের সমাকৃতি, এবং Mg-এর যোজ্যতা = 2, অতএব, M-এর যোজ্যতাও 2।

$\therefore$ M-এর পারমাণবিক ওজন $= 32 \cdot 63 \times 2$
$= 65 \cdot 26.$

প্রঃ। টীকা লিখ ঃ

(*a*) আম্লিক লবণ, ক্ষারকীয় লবণ, প্রশম লবণ, দ্বৈত লবণ।

(*b*) লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঃ কি ধরনের লবণ সাধারণতঃ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়?

(*c*) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য, তড়িৎ-বিশ্লেষণ, কুলম্ব, ফ্যারাডে।

(*d*) নর্ম্যাল, ফর্ম্যাল ও মোলার দ্রবণ।

(*e*) ক্ষার-অম্ল সূচক ও উহাদের প্রয়োগক্ষেত্র ঃ (i) তীব্র ক্ষার দ্বারা তীব্র অ্যাসিড টাইট্রেশনে ; (ii) মৃদু ক্ষার দ্বারা তীব্র অ্যাসিড টাইট্রেশনে ও (iii) মৃদু অ্যাসিড দ্বারা তীব্র ক্ষার টাইট্রেশনে।

[Write explanatory notes on :

(*a*) Acidic salts, basic salts, neutral salts and double salts.

(*b*) Hydrolysis of salts and the type of salts usually undergoing hydrolysis.

(*c*) Electrolytes, electrolysis, coulomb, Faraday.

(*d*) Normal, formal and molar solutions.

(*e*) Acid-base indicators and choice of indicator in the titration of (i) strong acid with strong base, (ii) strong acid with weak base, (iii) strong base with weak acid. Simple numerical problems on acid-base titrations.]

উঃ। (*a*) **আম্লিক লবণ ঃ** কোন অ্যাসিড অণুর প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেনকে ধাতুর আয়ন (বা, ধাতু-তুল্য আয়ন) দ্বারা আংশিকভাবে প্রতিস্থাপিত করিয়া যে সকল লবণ গঠিত হয়, তাহাদিগকে আম্লিক লবণ (অ্যাসিড লবণ বা বাই-লবণ) বলে। এই শ্রেণীর লবণে মুল অ্যাসিড অণুর একটি বা একাধিক হাইড্রোজেন আয়ন অ-প্রতিস্থাপিত অবস্থায় থাকে। সেই জন্য, জলীয় দ্রবণে ঐ হাইড্রোজেন আয়ন বিয়োজিত হইয়া দ্রবণের আম্লিক ধর্ম প্রকাশিত হয়। স্বভাবতই, এক-ক্ষারিক অ্যাসিডের আম্লিক লবণ গঠিত হয় না। দ্বি-ক্ষারিক বা ত্রি-ক্ষারিক অ্যাসিডের বহু আম্লিক লবণের অস্তিত্ব জানা আছে। $NaHSO_4$, $NaHCO_3$, $(NH_4)HSO_4$, NaH_2PO_4, Na_2HPO_4 ইত্যাদি লবণগুলি আম্লিক লবণ। ইহারা প্রয়োজন অনুযায়ী ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় প্রশম লবণ গঠন করে।

প্রথম দৃষ্টান্তে H_2SO_4 অ্যাসিড অণুর একটি হাইড্রোজেন একটি Na দ্বারা ($NaOH$ বা Na_2CO_3-এর) প্রতিস্থাপিত হইয়াছে ; অপর একটি H^+ অপ্রতিস্থাপিত রহিয়াছে। অতএব, $NaHSO_4$ আম্লিক লবণ।

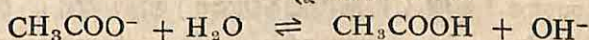
ক্ষারকীয় লবণ ঃ দ্বি-আম্লিক বা ত্রি-আম্লিক ক্ষার বা ক্ষারকের অণুর হাইড্রক্সিল মূলককে আংশিকভাবে অ্যাসিড আয়ন (বা অ্যানায়ন) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া যে লবণ গঠিত হয়, তাহাদিগকে ক্ষারকীয় লবণ বলে। সাধারণতঃ দ্বি বা ত্রি-আম্লিক ক্ষারের সহিত প্রয়োজনীয় পরিমাণের কম পরিমাণ অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহারা গঠিত হয়। কাজেই, প্রয়োজনীয় অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যাসিডের সহিত ইহারা পুনরায় বিক্রিয়া করিয়া প্রশম লবণ গঠন করে। এই জাতীয় লবণের প্রকৃতি ক্ষারকীয় এবং ইহারা সাধারণতঃ জলে অদ্রাব্য। এই শ্রেণীর লবণের উদাহরণ, $Pb(OH)Cl$; $Cu(OH)_2 . CuCO_3$; $Pb(OH)_2 . PbCO_3$; $Zn(OH)Cl$ ইত্যাদি। প্রথম দৃষ্টান্তে $Pb(OH)_2$ ক্ষারক অণুর একটি মাত্র OH মূলক HCl-এর Cl-আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়াছে এবং একটি OH আয়ন অপ্রতিস্থাপিত রহিয়াছে। সুতরাং, ইহা ক্ষারকীয় লবণ।

প্রশম লবণ ঃ অ্যাসিড অণুর প্রতিস্থাপন-যোগ্য হাইড্রোজেনকে ধাতব আয়ন (বা, ধাতু-তুল্য আয়ন) দ্বারা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত করিয়া যে লবণ উৎপন্ন হয়, তাহাকে প্রশম লবণ বলে। এই জাতীয় লবণের অণুতে আয়নিত হইবার মত কোন হাইড্রোজেন থাকে না, বা কোন $\overline{OH}$ বা $\overset{=}{O}$ আয়নও থাকে না। সেইজন্য ইহাদের প্রকৃতি প্রশম। ইহাদের দ্রবণ সাধারণতঃ প্রশম প্রকৃতির হয়। (কিন্তু, অনেক প্রশম লবণ জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া দ্রবণের প্রকৃতি আম্লিক বা ক্ষারীয় করে। তীব্র ক্ষার ও মৃদু অ্যাসিডের পূর্ণ-প্রশমনে উৎপন্ন প্রশম লবণের জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী ; কিন্তু, তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের পূর্ণ-প্রশমনে উৎপন্ন প্রশম লবণের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী হয়।) প্রশম লবণের উদাহরণ ঃ $NaCl$, $NaNO_3$, Na_2SO_4, Na_2CO_3 ইত্যাদি।

দ্বৈত লবণ ঃ অনেক লবণ দুই বা ততোধিক প্রশম লবণের সমাহাররূপে কঠিন অবস্থায় বিরাজ করে এবং দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিলেও উহাদের এইরূপ যুগ্ম-সত্ত্বা অপরিবর্তিত থাকে। অর্থাৎ, ইহারা প্রত্যেকে একটি প্রশম লবণের ন্যায় আচরণ করে। কিন্তু, জলীয় দ্রবণে ইহারা ইহাদের উপাদান প্রশম লবণসমূহের পৃথক্ সত্ত্বা প্রদর্শন করে এবং উহাদের নির্দিষ্ট আয়নরূপে বিয়োজিত হয়। নির্দিষ্ট পরিমাণের উপাদান প্রশম লবণগুলিকে একত্রে জল হইতে কেলাসিত করিয়া সাধারণতঃ ইহাদিগকে প্রস্তুত করা হয়। যথা, ফিটকিরি বা পটাশ অ্যালাম, $K_2SO_4 \cdot Al_2SO_4 \cdot 24H_2O$। ইহা দুইটি প্রশম লবণ K_2SO_4 ও $Al_2(SO_4)_3$-এর সমাহাররূপে (কেলাসজল সহ) কঠিনাকারে অবস্থান করে বা দ্রবণ হইতে কেলাসিত হয়। কিন্তু, জলীয় দ্রবণে ইহা K^+, Al^{+++}, $SO_4^=$ আয়নরূপে বিয়োজিত হয়।

(*b*) **লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঃ** সকল প্রশম লবণই জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হইয়া যথাযোগ্য ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নে পরিণত হয়। যেহেতু প্রশম লবণ উৎপন্ন হয় অ্যাসিড কর্তৃক ক্ষারের পূর্ণ প্রশমনে, উৎপন্ন লবণে উপাদান অ্যাসিডের সবগুলি H^+ উপাদান ক্ষারের সবগুলি OH^- আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া প্রায়-অবিয়োজিত H_2O অণু গঠন করে। কাজেই, উৎপন্ন প্রশম লবণে H^+ বা OH^- আয়ন কোনটিই বর্তমান থাকে না। সুতরাং, উহার জলীয় দ্রবণ প্রশম হওয়াই স্বাভাবিক।

সকল প্রশম লবণই জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়। তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার হইতে উৎপন্ন প্রশম লবণের জলীয় দ্রবণও প্রশম। কিন্তু, কোন প্রশম লবণ যদি তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার, অথবা তীব্র ক্ষার ও মৃদু অ্যাসিডের পূর্ণ-প্রশমনে গঠিত হয়, তবে জলীয় দ্রবণে আয়নিত হইবার পর, মৃদু ক্ষারের ক্যাটায়ন ও মৃদু অ্যাসিডের অ্যানায়ন জলের সহিত ক্রিয়ান্বিত হইয়া যথাক্রমে উক্ত মৃদু ক্ষার বা মৃদু অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই মৃদু ক্ষার বা মৃদু অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয় না বলিয়া দ্রবণে যথাক্রমে OH^- ও H^+ আয়নের স্বল্পতা ঘটে। ফলে, দ্রবণ যথাক্রমে আম্লিক ও ক্ষারীয় হয়। জলের সহিত প্রশম লবণের এইরূপ বিক্রিয়াকে আর্দ্র-বিশ্লেষণ বলে।

মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের লবণ ঃ

$$CH_3COONa \rightleftharpoons CH_3COO^- + Na^+$$

মৃদু অম্লের অ্যানায়ন

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

(আর্দ্র-বিশ্লেষণ) স্বল্প বিয়োজিত মৃদু অ্যাসিড

$$CH_3COONa + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + Na^+ + OH^-$$ (দ্রবণ ক্ষারীয়)

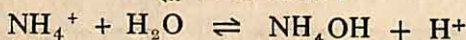
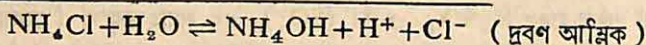
তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের লবণ ঃ

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$

মৃদু ক্ষারের ক্যাটায়ন

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + H^+$$

(আর্দ্র-বিশ্লেষণ) মৃদু ক্ষার স্বল্প বিয়োজিত

$$NH_4Cl + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + H^+ + Cl^-$$ (দ্রবণ আম্লিক)

যে সকল প্রশম লবণ মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার, বা তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের প্রশমনে গঠিত হয়, তাহারাই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।

(c) **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ঃ** যে সকল যৌগিক পদার্থ তরল অবস্থায়, জলীয় দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন করে এবং তাহার ফলে বিশ্লিষ্ট হইয়া তড়িৎদ্বারে নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে, তাহাদিগকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বলা হয়। অজৈব অ্যাসিড, ক্ষার, লবণ প্রভৃতি তড়িৎ-যোজী যৌগসমূহ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য। ইহারা গলিত (বা তরল অবস্থায়) বা জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হইয়া পরা ও অপরাধর্মী আয়ন উৎপন্ন করে। তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রভাবে ঐ সকল আয়ন বিপরীতধর্মী তড়িৎ-দ্বারে আকৃষ্ট হয় এবং উহাদের সংস্পর্শে আধান-শূন্য হইয়া মুক্ত পরমাণু বা অণুরূপে নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে। HCl, NaOH, NaCl ইত্যাদি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য।

তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঃ উপযুক্ত তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে দ্রবীভূত বা বিগলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে, তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের বিয়োজিত পরা ও অপরাধর্মী আয়নগুলি বিপরীতধর্মী তড়িৎদ্বারে আকৃষ্ট হইয়া বিশ্লেষিত হয়। ঐ সকল আয়ন তড়িৎদ্বারে প্রশমিত হইয়া নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে। তড়িৎ-শক্তির প্রভাবে এইরূপ রাসায়নিক পরিবর্তনকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ বলে। উদাহরণস্বরূপ, পাতিত জলে কয়েক ফোঁটা লঘু H_2SO_4 মিশাইয়া উহার ভিতর দিয়া প্ল্যাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে জল বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্যাথোডে H_2 ও আনোডে O_2 উৎপন্ন হয়। ইহা জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ।

কুলম্ব ঃ কুলম্ব তড়িতের ব্যবহারিক একক। কোন তড়িৎ-বর্তনীর মধ্য দিয়া 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 1 সেকেণ্ড সময় ব্যাপিয়া প্রবাহিত হইলে যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহাকে 1 কুলম্ব (1 অ্যাম্পিয়ার-সেকেণ্ড) তড়িৎ বলে। কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের ভিতর দিয়া 1 কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহিত করিলে তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ হয় উহার তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংকের সমান।

ফ্যারাডে ঃ ফ্যারাডে তড়িতের পরিমাণের বৃহত্তর একক। 1 ফ্যারাডে = 96,496 কুলম্ব। সাধারণতঃ ইহার মানকে 96,500 কুলম্ব ধরা হয় এবং ইহার প্রতীক F.

এক ফ্যারাডে তড়িতের এমনই একটি পরিমাণ, যাহা কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে এক গ্রাম-তুল্যাংক তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের উপাদান মুক্ত হয়। অর্থাৎ, তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে বিভিন্ন মৌলের 1 গ্রাম-তুল্যাংক উৎপন্ন করিতে 1 ফ্যারাডে তড়িৎ প্রয়োজন হয়।

(d) **নর্ম্যাল দ্রবণ ঃ** 1 লিটার কোন দ্রবণে যদি দ্রাবের 1 গ্রাম-তুল্যাংক ওজন দ্রবীভূত থাকে, তবে ঐ দ্রবণকে উক্ত দ্রাবের নর্ম্যাল দ্রবণ বলা হয়। নর্ম্যাল দ্রবণকে (N) শব্দ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। উদাহরণস্বরূপ, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের গ্রাম-তুল্যাংক যথাক্রমে 36·5 গ্রাম ও 40 গ্রাম। অতএব, কোন দ্রবণের 1 লিটারে যদি 36·5 গ্রাম HCl বা 40 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত থাকে, তবে ঐ দ্রবণকে যথাক্রমে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের নর্ম্যাল দ্রবণ বলা হইবে। অ্যাসিড ও ক্ষারের নর্ম্যাল দ্রবণ সম-আয়তনে পরস্পরকে প্রশমিত করে। অর্থাৎ, 100 ml. (N) HCl দ্রবণ 100 ml. (N) NaOH দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিবে।

ফর্ম্যাল দ্রবণ ঃ 1 লিটার কোন দ্রবণে দ্রাবের 1 ফর্মুলা-ওজন (গ্রামে) দ্রবীভূত থাকিলে ঐ দ্রবণকে উক্ত দ্রাবের ফর্ম্যাল দ্রবণ বলা হয়। ফেরিক ক্লোরাইডের গ্রাম-ফর্মুলা ওজন = 162·35 গ্রাম। অতএব, ফেরিক ক্লোরাইডের কোন দ্রবণে যদি 1 লিটারে 162·35 গ্রাম দ্রাবটি দ্রবীভূত থাকে, তবে উহা ফেরিক ক্লোরাইডের ফর্ম্যাল দ্রবণ। আয়নীয় যৌগ সাধারণতঃ কঠিন অবস্থায় বা দ্রবণে অণুরূপে অবস্থান করে না ; উহাদের আয়নরূপে অবস্থান করে। সেইজন্য ইহাদের ক্ষেত্রে 'আণবিক ওজন' কথাটি খুব বেশী অর্থবহ নয়। বৈজ্ঞানিকগণ ইহাদের ক্ষেত্রে আণবিক ওজনের পরিবর্তে ফর্মুলা-ওজন শব্দটি ব্যবহার করেন এবং উহা হইতেই ফর্ম্যাল দ্রবণের সংজ্ঞা দেওয়া হয়।

মোলার দ্রবণ ঃ 1 লিটার কোন দ্রবণে কোন দ্রাবের 1 গ্রাম-অণু দ্রবীভূত থাকিলে ঐ দ্রবণকে উক্ত দ্রাবের আণবিক দ্রবণ বা মোলার দ্রবণ বলা হয়। HCl-এর আণবিক ওজন 36·5 গ্রাম। অতএব, যে দ্রবণের 1 লিটারে 36·5 গ্রাম HCl দ্রবীভূত আছে, তাহা উহার মোলার দ্রবণ। যে সকল দ্রাবের গ্রাম-অণু ও গ্রাম-তুল্যাংকের মান অভিন্ন (যেমন HCl, NaOH), তাহাদের মোলার দ্রবণ ও নর্ম্যাল দ্রবণ একই মাত্রা-বিশিষ্ট দ্রবণ। কিন্তু, যাহাদের 1 গ্রাম-অণু 1 গ্রাম-তুল্যাংকের দ্বিগুণ, (যথা, H_2SO_4, 1 গ্রাম-তুল্যাংক = 49 গ্রাম ; 1 গ্রাম-অণু = 98 গ্রাম), তাহাদের মোলার দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যাল দ্রবণের মাত্রার দ্বিগুণ।

(e) **অ্যাসিড-ক্ষার সূচক ঃ** যে-সকল রাসায়নিক পদার্থ (সাধারণতঃ দ্রবীভূত অবস্থায়) অল্প পরিমাণে দ্রবণে মিশ্রিত করিলে উহাদের বিশিষ্ট বর্ণের দ্বারা দ্রবণের আম্লিক, প্রশম বা ক্ষারীয় অবস্থা নির্দেশ করে, তাহাদিগকে অ্যাসিড-ক্ষার সূচক বলে। এই সকল সূচক আম্লিক, প্রশম ও ক্ষারীয় দ্রবণে পৃথক্ পৃথক্ বর্ণ ধারণ করিয়া দ্রবণের

অবস্থা প্রকাশ করে। সেইজন্য অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন-ক্রিয়ায় ইহাদিগকে ব্যবহার করিয়া প্রশমনের সঠিক সমাপ্তি-ক্ষণ নির্ণয় করা হয়। ফেনলথ্যালিন, মিথাইল অরেঞ্জ ও লিটমাস তিনটি প্রধান অ্যাসিড-ক্ষার সূচক। বিক্রিয়া-মাধ্যমে বিভিন্ন অবস্থায় উহাদের বর্ণের তালিকা নিম্নে দেওয়া হইল ঃ

সূচক	সূচকের বর্ণ		
	প্রশম দ্রবণে	আম্লিক দ্রবণে	ক্ষারীয় দ্রবণে
লিটমাস	হালকা বেগুনী	লাল	নীল
ফেনলথ্যালিন	বর্ণহীন	বর্ণহীন	গোলাপী লাল
মিথাইল অরেঞ্জ	কমলা	গোলাপী লাল	হলুদ

অ্যাসিড-ক্ষার প্রশমনে টাইট্রেশনের সময় সাধারণতঃ ফেনলথ্যালিন বা মিথাইল অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার করা হয় ; লিটমাস ব্যবহৃত হয় না।

সূচক-বিচার ঃ

(ক) তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের পরস্পর প্রশমনের ক্ষেত্রে ফেনলথ্যালিন বা মিথাইল অরেঞ্জ যে-কোনটি সূচকরূপে ব্যবহার করা চলে।

(খ) তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের (যথা, HCl দ্বারা Na_2CO_3) প্রশমনের ক্ষেত্রে মিথাইল অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার করা আবশ্যক।

(গ) মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের (যথা, অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্বারা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড) প্রশমনে ফেনলথ্যালিন সূচক ব্যবহার করা আবশ্যক।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির গাণিতিক সমাধান

(১) (ক) নিম্নলিখিত দ্রবণগুলি প্রস্তুতিতে কি পরিমাণ বিশুদ্ধ Na_2CO_3 প্রয়োজন ? (Na = 23) (i) 500 ml. 0·5 (N) **দ্রবণ** ; (ii) 500 ml. 0·5 (M) **দ্রবণ ?**

(খ) নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির প্রতীটিতে কত গ্রাম দ্রাব বর্তমান ?

(i) 500 ml. (N/10) H_2SO_4 ; (ii) 100 ml. (M) HCl।

(গ) 175 ml. (N) H_2SO_4 **দ্রবণ কত** ml. **মোলার** H_2SO_4 **দ্রবণের তুল্য।**

উত্তর। (ক) (i) Na_2CO_3-এর গ্রাম আণবিক ওজন $= 2\times23+12+3+16$ $=160$ গ্রাম এবং উহার গ্রাম-তুল্যাংক $=\frac{106}{2}=53$ গ্রাম।

1000 ml. 0·5 (N) Na_2CO_3 দ্রবণের জন্য $0·5 \times 53 = 26·5$ গ্রাম বিশুদ্ধ Na_2CO_3 প্রয়োজন।

∴ 500 ml. 0·5 (N) Na_2CO_3 দ্রবণের জন্য $\frac{26·5}{2} = 13·25$ গ্রাম বিশুদ্ধ Na_2CO_3 প্রয়োজন।

(ii) 1000 ml. (M) Na_2CO_3 দ্রবণের জন্য 106 গ্রাম বিশুদ্ধ Na_2CO_3 প্রয়োজন

∴ 1000 ml. 0·5 (M) " " " $\frac{106}{2} = 53$ গ্রাম " "

সুতরাং, 500 ml. " " " " $\frac{53}{2} = 26·5$ গ্রাম " "

(খ) (i) H_2SO_4-এর আণবিক ওজন = 98 এবং তুল্যাংকভার = $\frac{98}{2} = 49$

∴ 1000 ml. (N) H_2SO_4 দ্রবণে 49 গ্রাম H_2SO_4 বর্তমান

∴ 1000 ml. (N/10) H_2SO_4 ,, 4·9 গ্রাম ,, ,,

∴ 500 ml. " " " $\frac{4·9}{2} = 2·45$ " "

(ii) 1000 ml. (M) H_2SO_4 দ্রবণে 98 গ্রাম H_2SO_4 বর্তমান

∴ 100 ml. " " " $\frac{98}{10} = 9·8$ গ্রাম " "।

(গ) H_2SO_4-এর গ্রাম-তুল্যাংক (49 গ্রাম) উহার গ্রাম-আণবিক ওজনের (98 গ্রাম) অর্ধেক। সুতরাং, 2(N) H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা (M) H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রায় সমান হইবে। অর্থাৎ, 100 ml. 2(N) H_2SO_4 দ্রবণ 100 ml. (M) H_2SO_4 দ্রবণের তুল্য। বা, 200 ml. (N) H_2SO_4 দ্রবণ 100 ml. (M) H_2SO_4 দ্রবণের তুল্য। ∴ 175 ml. (N) H_2SO_4 দ্রবণ $\frac{175}{2} = 87·5$ ml. (M) H_2SO_4 দ্রবণের তুল্য।

(২) ল্যাবরেটরিতে একটি বোতলে '12N HCl' চিহ্নিত আছে। ইহা হইতে তুমি কিভাবে 20 ml. 3N HCl-দ্রবণ প্রস্তুত করিবে ?

উত্তর। বোতলটি হইতে নির্দিষ্ট পরিমাণ (আয়তন) অ্যাসিড লইয়া, উহাতে জল মিশাইয়া 20 ml. আয়তনে লঘু করিতে হইবে। ধরা যাক, x ml. 12N HCl লইয়া উহাতে জল মিশাইয়া দ্রবণের আয়তন 20 ml. করিলে উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা 3N হইবে।

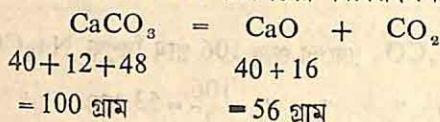
$$\therefore \quad x \times 12N = 20 \times 3N$$

$$\text{বা,} \quad x = \frac{20 \times 3}{12} = 5 \text{ ml.}$$

অতএব, ঐ বোতল হইতে 5 ml. অ্যাসিড লইয়া ইহাতে $(20 - 5) = 15$ ml. জল মিশাইতে হইবে।

(৩) 1·0 গ্রাম $CaCO_3$-কে তাপ-প্রয়োগে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত করিয়া চুনে (CaO) পরিণত করা হইল। উৎপন্ন চুনকে 1 লিটার জলে দ্রবীভূত করিলে দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা কত হইবে ? [Ca = 40]

উত্তর। $CaCO_3$-এর তাপ বিয়োজনের সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$$\underset{\substack{40+12+48 \\ =100 \text{ গ্রাম}}}{CaCO_3} = \underset{\substack{40+16 \\ =56 \text{ গ্রাম}}}{CaO} + CO_2$$

সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে,

100 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে 56 গ্রাম চুন পাওয়া যায়।

∴ 1·0 গ্রাম " " 0·56 গ্রাম " " যাইবে।

CaO-এর গ্রাম তুল্যাঙ্ক $= \frac{40+16}{2} = 28$ গ্রাম।

∴ 28 গ্রাম চুনকে 1 লিটার জলে দ্রবীভূত করিলে উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা হয় 1 (N)

সুতরাং, 0·56 গ্রাম " " " " " " " " $\frac{1 \times 0.56}{28}$ (N)

$= 0.02$ (N)।

অতএব, উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা = 0·02 (N)।

(৪) 0·8% NaOH-দ্রবণের 50 cc. লইয়া 25 cc. 0·5 (N) HCl-দ্রবণের সহিত মিশানো হইল। মিশ্র-দ্রবণের আম্লিক বা ক্ষারীয় নর্ম্যাল-মাত্রা কত হইবে ?

উত্তর। 50 cc. 0·8% NaOH দ্রবণে $\frac{0.8 \times 50}{100} = 0.4$ গ্রাম NaOH আছে।

∴ ঐ দ্রবণের 1000 cc.-তে $\frac{0.4 \times 1000}{50} = 8$ গ্রাম NaOH আছে।

8 গ্রাম NaOH $= \frac{8}{40} = 0.2$ গ্রাম-তুল্যাংক NaOH (∵ NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 40 গ্রাম)। ∴ NaOH-দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা = 0·2 (N)।

এক্ষণে, 25 cc. 0·5 (N) HCl দ্রবণ $= 25 \times 0.5$cc. (N) HCl দ্রবণ

$= \frac{25 \times 0.5}{0.2}$ cc. 0·2 (N) HCl দ্রবণ

= 62·5 cc. 0·2 (N) HCl দ্রবণ।

সুতরাং, 25 cc. 0·5 (N) HCl-দ্রবণের সহিত 50 ml. 0·2 (N) NaOH দ্রবণ মিশাইলে $(62.5 - 50) = 12.5$ cc. 0·2 (N) HCl দ্রবণ অপ্রশমিত থাকিবে এবং মিশ্রণের আয়তন হইবে $50 + 25 = 75$ cc.

অতএব, 75 cc. দ্রবণে 12·5 cc. 0·2 (N) HCl দ্রবণের তুল্য অ্যাসিড অবিকৃত আছে। এই মিশ্রণের নর্ম্যাল-মাত্রা S হইলে,

$$75 \times S = 12{\cdot}5 \times 0{\cdot}2\ (N)$$

$$\text{বা } S = \frac{12{\cdot}5 \times 0{\cdot}2}{75}\ (N)$$

$$= 0{\cdot}033\ (N).$$

সুতরাং, মিশ্রিত দ্রবণের আম্লিক নর্ম্যাল মাত্রা = 0·033 (N)।

(৫) একটি 0·1 (N) NaOH-দ্রবণের 25 cc. একটি HCl-দ্রবণের 22·5 cc. কে প্রশমিত করে। ঐ HCl-দ্রবণের 1 লিটারে কতখানি জল মিশাইলে উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা সঠিক 0·1 (N) হইবে?

উত্তর। ধরা যাক্, HCl-দ্রবণের নর্ম্যাল মাত্রা = S

$$\therefore\ 25 \times 0{\cdot}1\ (N) = 22{\cdot}5 \times S$$

$$\text{বা, } S = \frac{25 \times 0{\cdot}1}{22{\cdot}5}\ (N)$$

$$= \frac{1}{9}\ (N)$$

এই $\frac{1}{9}$ (N) HCl-দ্রবণের 1000 cc.-তে যদি x cc. জল মিশাইলে উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা সঠিক 0·1 (N) বা (N/10) হয়, তবে,

$$(1000 + x) \times \frac{N}{10} = 1000 \times \frac{N}{9}$$

$$\text{বা } \frac{1000 + x}{10} = \frac{1000}{9}$$

$$\text{বা, } 9x = 10000 - 9000 = 1000 \text{ cc.}$$

$$\text{বা, } x = \frac{1000}{9} = 111{\cdot}1 \text{ cc.}$$

সুতরাং, HCl-দ্রবণের 1 লিটারে 111·1 cc. জল মিশাইলে উৎপন্ন দ্রবণ সঠিক 0·1 (N) হইবে।

(৬) প্রমাণ অবস্থায় 5·6 লিটার শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাসকে 1 লিটার (N) H_2SO_4 দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 0·1 (N) KOH দ্রবণের কত আয়তন লাগিবে?

উত্তর। অ্যামোনিয়ার গ্রাম-তুল্যাংক ও গ্রাম-অণুর মান অভিন্ন (17 গ্রাম)।

সুতরাং, প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার NH_3 = 1 গ্রাম-অণু NH_3

= 1 গ্রাম-তুল্যাংক NH_3

∴ ,, ,, 5·6 লিটার $NH_3 = \frac{5{\cdot}6}{22{\cdot}4} = 0{\cdot}25$ গ্রাম-তুল্যাংক NH_3

এই পরিমাণ NH_3 1 লিটার (N) H_2SO_4 দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে 0·25 গ্রাম-তুল্যাংক H_2SO_4 প্রশমিত হইবে। 1 লিটার (N) H_2SO_4 দ্রবণে 1 গ্রাম-তুল্যাংক H_2SO_4 থাকে। সুতরাং, NH_3 প্রবাহিত করার পর, 1 লিটার দ্রবণে $(1-0·25)=0·75$ গ্রাম-তুল্যাংক H_2SO_4 অবিকৃত থাকিবে। অতএব, উৎপন্ন 1 লিটার দ্রবণে H_2SO_4-এর মাত্রা = 0·75 (N)। ইহাকে প্রশমিত করিতে যদি x cc. 0·1 (N) KOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়, তবে

$$x \times 0·1 \text{ (N)} = 1000 \times 0·75 \text{ (N)}$$

$$\text{বা } x = \frac{1000 \times 0·75}{0·1} = 7,500 \text{ cc.} = 7·5 \text{ লিটার।}$$

∴ এই প্রশমনে 7·5 লিটার 0·1 (N) KOH দ্রবণ লাগিবে।

(৭) একটি ক্ষার দ্রবণের 25 ml.-কে 8ml. 0·75 (N) HCl দ্রবণের সহিত মিশ্রিত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে আরও 15ml. 0·8 (N) H_2SO_4-দ্রবণ লাগিল। ক্ষার-দ্রবণটির নর্ম্যাল মাত্রা কত ?

উত্তর। 8ml. 0·75 (N) HCl $=(8 \times 0·75)=6$ml. (N) HCl

15ml. 0·8 (N) $H_2SO_4=(15 \times 0·8)=12$ml. (N) H_2SO_4.

অতএব, 25ml. ক্ষার-দ্রবণকে প্রশমিত করিতে মোট $(6+12)=18$ml. (N) অ্যাসিড-দ্রবণ প্রয়োজন হয়। যদি ক্ষার-দ্রবণের মাত্রা S হয়, তবে

$$25 \times S = 18 \times N$$

$$\text{বা, } S = \tfrac{18}{25} \text{ (N)}$$

$$= 0·72 \text{ (N)}$$

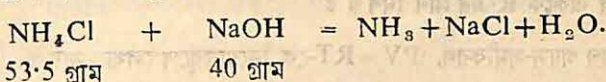
সুতরাং, ক্ষার-দ্রবণটির নর্ম্যাল মাত্রা = 0·72 (N)।

(৮) সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের একটি নমুনার 2 গ্রামের সহিত 50 ml. (N) NaOH দ্রবণ মিশাইয়া, যতক্ষণ পর্যন্ত উদ্ভূত বাষ্পে ধৃত লাল লিটমাস কাগজের বর্ণ-পরিবর্তন বন্ধ না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত মিশ্রণটিকে ফুটানো হইল। ঐ মিশ্রণকে ঠাণ্ডা করিয়া প্রশমিত করিতে 20ml. (N)H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ঐ নমুনার মধ্যে শতকরা কত ভাগ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ছিল ?

উত্তর। NaOH কেবলমাত্র নমুনার NH_4Cl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া NH_3 উৎপন্ন করিবে ; NaCl অবিকৃত থাকিবে। NH_4Cl সম্পূর্ণরূপে NH_3-তে পরিণত হইয়া উদ্বায়িত হইয়া গেলে, উৎপন্ন বাষ্প লাল লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করিবে না।

বিক্রিয়া শেষে উদ্বৃত্ত NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 20ml. (N) H_2SO_4 লাগে। 20ml.(N)H_2SO_4 দ্রবণ = 20ml.(N)NaOH দ্রবণ। সুতরাং, NH_4Cl-এর

সহিত বিক্রিয়ায় $(50-20) = 30$ml.(N)NaOH দ্রবণ ব্যয়িত হইয়াছে। 30ml. (N)NaOH দ্রবণে $\frac{30 \times 40}{1000} = 1{\cdot}2$ গ্রাম NaOH থাকে। ($\because$ NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 40 গ্রাম।) NH_4Cl-এর সহিত NaOH-এর বিক্রিয়া নিম্নরূপ ঃ

$$\underset{53{\cdot}5 \text{ গ্রাম}}{NH_4Cl} + \underset{40 \text{ গ্রাম}}{NaOH} = NH_3 + NaCl + H_2O.$$

সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে,

40 গ্রাম NaOH 53·5 গ্রাম NH_4Cl-এর সহিত ক্রিয়ান্বিত হয়

$\therefore$ 1·2 গ্রাম ,, $\frac{53{\cdot}5 \times 1{\cdot}2}{40} = 1{\cdot}605$ গ্রাম NH_4Cl-এর সহিত ক্রিয়ান্বিত হয়। সুতরাং, 2 গ্রাম নমুনায় 1·605 গ্রাম NH_4Cl ছিল

$\therefore$ এই নমুনায় NH_4Cl-এর শতকরা ভাগ = $\frac{1{\cdot}605 \times 100}{2} = 80{\cdot}25$.

প্রশ্ন ৭। (*a*) $PV = nRT$ সমীকরণ হইতে কি বুঝা যায়? R-এর মান নিম্নোক্ত এককে নির্ণয় কর ঃ (i) লিটার-অ্যাটমস্ফিয়ার / °A / মোল, (ii) আর্গ /A°/ মোল, (iii) ক্যালারি /°A/ মোল। (*b*) ডালটনের অংশপ্রেষ সূত্র ও গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র বিবৃত কর। (*c*) স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের PV – P লেখ অংকন কর।

[What is meant by the equation, $PV = nRT$?

Calculate the values of R in lit-atm. deg^{-1} $mole^{-1}$

R in ergs deg^{-1} $mole^{-1}$

R in calories deg^{-1} $mole^{-1}$.

(*b*) State Dalton's law of *partial pressure* and Graham's law of *gaseous diffusion*.

(*c*) Draw a plot of PV against P of a definite mass of a gas at a constant temperature.

Simple numerical problems on the above.]

উত্তর। (*a*) $PV = nRT$ সমীকরণটি আদর্শ গ্যাসের অবস্থা সমীকরণ (Equation of state)। উহাকে সাধারণ (সার্বিক) গ্যাস সমীকরণ বলা হয়। আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে উহার মোল বা গ্রাম-অণুর সংখ্যা, চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার (পরম স্কেলে) মধ্যে সম্পর্ক এই সমীকরণ হইতে জানা যায়। n মোল কোন গ্যাসের চাপ P, আয়তন V, তাপমাত্রা T°K হইলে $PV = nRT$, বা $\frac{PV}{nT} = R$. এই R রাশিটি একটি ধ্রুবক ; ইহাকে সার্বিক গ্যাস-ধ্রুবক (Universal gas constant) বলা হয়। R-এর মান লিটার-অ্যাটমস্ফিয়ার এককে 0·0821 লিটার-অ্যাটমস্ফিয়ার ডিগ্রি$^{-1}$ মোল$^{-1}$.

অর্থাৎ, 1 মোল গ্যাসের চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রা (পরম স্কেলে) যদি যথাক্রমে P বায়ু-চাপ, V লিটার ও T°A হয়, তবে, $\frac{PV}{T} = 0{\cdot}0821$.

বিভিন্ন এককে R-এর মান নির্ণয় ঃ

সাধারণ গ্যাস-সমীকরণ, $PV = RT$-কে নিম্নোক্তরূপে লেখা যায় ঃ $R = \frac{PV}{T}$.

চাপ এবং আয়তনের বিভিন্ন একক ব্যবহার করিয়া সার্বিক গ্যাস-ধ্রুবক R-এর মানকে বিভিন্ন এককে প্রকাশ করা যায়। যথা ঃ

(i) **লিটার অ্যাটমস্ফিয়ার এককে ঃ** যখন চাপের মান বায়ু-চাপে (atmosphere), আয়তনের মান লিটার এককে এবং তাপমাত্রা চরম ডিগ্রি সেণ্টিগ্রেড এককে প্রকাশ করা হয়, তখন 1 মোল যে-কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রমাণ অবস্থায়,

$$R = \frac{PV}{T} = \frac{1 \text{ বায়ু-চাপ} \times 22{\cdot}4 \text{ লিটার}}{273^\circ C} = 0{\cdot}0821 \text{ লিটার-অ্যাটমস্ফিয়ার/ডিগ্রি (চরম)/মোল।}$$

(ii) যখন চাপকে ডাইন (dyne) এককে, আয়তনের একক মিলিলিটারে (ml.) এবং তাপমাত্রার একক চরম ডিগ্রি সেণ্টিগ্রেডে প্রকাশ করা হয়, তখন 1 মোল যে-কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রমাণ অবস্থায়,

$$R = \frac{PV}{T} = \frac{76 \times 13{\cdot}6 \times 981 \text{ ডাইন} \times 22400 \text{ cm}^3/\text{cm}^2}{273^\circ}$$

($\because$ 1 বায়ু-চাপ = 76 cm. Hg)

$= 8{\cdot}314 \times 10^7$ **আর্গ/ডিগ্রি (চরম)/মোল।**

$= 8{\cdot}314$ **জুল/ডিগ্রি (চরম)/মোল।** (1 জুল $= 10^7$ আর্গ)

[ইহাই সি. জি. এস্. এককে R-এর মান।]

(iii) **তাপের এককে (ক্যালরিতে) ঃ** 1 ক্যালরি $= 4{\cdot}18 \times 10^7$ আর্গ।

উপরের অংশে দেখানো হইয়াছে যে, $R = 8{\cdot}314 \times 10^7$ আর্গ/ডিগ্রি (চরম)/মোল

$\therefore R = \frac{8{\cdot}314 \times 10^7}{4{\cdot}18 \times 10^7}$ ক্যালরি/ডিগ্রি (চরম)/মোল

$= 1{\cdot}99 \ (\sim 2)$ **ক্যালরি/ডিগ্রি (চরম)/মোল।**

$PV = nRT$ সমীকরণটির উপযোগিতা ঃ $PV = nRT$ সমীকরণে n = গৃহীত গ্যাসের মোলের (গ্রাম-অণুর) সংখ্যা। যদি g গ্রাম গ্যাস গ্রহণ করা হয় এবং গ্যাসটির আণবিক ওজন যদি M হয়, তবে $n = \frac{g}{M}$. সুতরাং, উপরোক্ত সমীকরণটি দাঁড়ায়,, $PV = \frac{g}{M}RT$ বা, $M = g\frac{RT}{PV}$. গ্যাস-সূত্রের এই পরিবর্তিত রূপের

সাহায্যে যে-কোন গ্যাসের আণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব হয়। দৃষ্টান্তস্বরূপ, g গ্রাম ওজনের কোন গ্যাসের আয়তন যদি P চাপে ও $T^{\circ}A$ তাপমাত্রায় V হয়, তবে চাপ, তাপমাত্রা ও আয়তনের মান জানিয়া গ্যাসটির গৃহীত ওজন হইতে উহার আণবিক ওজন সহজেই গণনা করা যায়। $PV = nRT$ সমীকরণটিকে নিম্নোক্তরূপেও লেখা যায়ঃ

$$PV = \frac{g}{M} RT, \quad \text{বা,} \quad PM = \frac{g}{V} RT \; ; \; \text{বা,} \quad PM = dRT.$$

এই স্থানে $d =$ গ্যাসটির ঘনত্ব $= \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}} = \frac{g}{V}$.

$PM = dRT$ সমীকরণটি হইতেও, গ্যাসটির ঘনত্ব জানিলে, উহার চাপ ও তাপমাত্রা জানিয়া আণবিক ওজন গণনা করা যায়। ইহা ছাড়াও, যেহেতু এই সমীকরণে গ্যাসীয় পদার্থ কোন নির্দিষ্ট আয়তনে আবদ্ধ নয়, সেইজন্য ঊর্ধ্বে বায়ুমণ্ডলের যে-কোন স্থানে উহার ঘনত্ব ও তাপমাত্রা মাপিয়া সেই স্থানের চাপ নির্ণয় করা যায়। $PV = nRT$ সমীকরণের ইহাই উপযোগিতা।

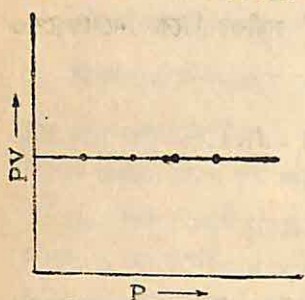
(b) ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র ঃ

কোন নির্দিষ্ট আয়তনে আবদ্ধ একটি গ্যাস-মিশ্রণ (বা, বাষ্প-মিশ্রণ) মোট যে চাপ সৃষ্টি করে, তাহাতে ঐ মিশ্রণে অংশগ্রহণকারী প্রতিটি গ্যাস বা বাষ্পের নিজস্ব সুনির্দিষ্ট অবদান থাকে। গ্যাস-মিশ্রণের সম্পূর্ণ চাপের এই ভাগকে মিশ্রণে অংশ-গ্রহণকারী প্রতিটি গ্যাসের 'অংশপ্রেষ' বা 'আংশিক চাপ' বলে। নির্দিষ্ট আয়তনে গ্যাস-মিশ্রণটির পরিবর্তে, উহাতে অংশগ্রহণকারী কোনও একটি গ্যাস এককভাবে অবস্থান করিয়া যে চাপ সৃষ্টি করিত, তাহাই ঐ গ্যাসটির 'অংশপ্রেষ' বা আংশিক চাপ'। এই বিষয়ে 'ডালটনের অংশপ্রেষ সূত্র' নামে একটি সূত্র আছে। সূত্রটি নিম্নরূপ ঃ

নিজেদের মধ্যে পরস্পর বিক্রিয়া করে না, এইরূপ দুইটি বা ততোধিক গ্যাস বা বাষ্পের মিশ্রণকে যদি একটি নির্দিষ্ট আয়তনে আবদ্ধ রাখা হয়, তবে ঐ মিশ্রণের চাপ উহার উপাদান গ্যাস বা বাষ্পসমূহের অংশপ্রেষের সমষ্টির সমান হইবে।

উপরোক্ত সূত্রটি যে-কোন সংখ্যক গ্যাস বা বাষ্পের ক্ষেত্রে (যাহারা পরস্পর বিক্রিয়া করে না) প্রযোজ্য। এই সূত্র অনুযায়ী, কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাস-মিশ্রণের সম্পূর্ণ চাপ যদি P হয় এবং ঐ মিশ্রণে অবস্থিত বিভিন্ন গ্যাস-সমূহের প্রতিটির আংশিক চাপ যদি যথাক্রমে p_1, p_2, p_3 ইত্যাদি হয়, তবে $P = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots$ হইবে।

(c) স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের PV – P লেখ ঃ

সাধারণ গ্যাস-সমীকরণ (n মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV = nRT$, যেখানে P = গ্যাসের চাপ, T = গ্যাসের তাপমাত্রা (পরম স্কেলে), V = গ্যাসের আয়তন ও R = গ্যাস-ধ্রুবক। এই সমীকরণটিতে, স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে, n = ধ্রুবক, T = ধ্রুবক ও R = ধ্রুবক। অতএব, PV = ধ্রুবক। অর্থাৎ, এই অবস্থায় গ্যাসের চাপ যাহাই হউক না কেন, বিভিন্ন চাপে V-এর মান এইরূপে পরিবর্তিত হইবে, যাহাতে $P \times V$ স্থির রাশি হয়। অর্থাৎ, এই ক্ষেত্রে PV-কে Y-অক্ষে ও P-কে X-অক্ষে স্থাপন করিয়া লেখ অঙ্কন করিলে P-অক্ষের সমান্তরাল একটি সরল রেখা (P হইতে PV-একক দূরে) পাওয়া যাইবে।

*প্রশ্ন। **গ্যাস-সূত্র দুইটি বিবৃত কর এবং উহাদিগকে সংযুক্ত করিয়া একটি রূপে প্রকাশ কর। 'মোলার গ্যাস-ধ্রুবক' কাহাকে বলে ?** [State the two gas laws and express it in a combined form. What is meant by molar gas constant ?]

উত্তর। গ্যাস-সূত্র ঃ

বয়েলের সূত্র ঃ স্থির উষ্ণতায়, নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার চাপের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ, স্থির উষ্ণতায়, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ ও আয়তন যদি যথাক্রমে P ও V হয়, তবে $V \propto \frac{1}{P}$।

চার্লসের সূত্র ঃ স্থির চাপে, নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। অর্থাৎ, স্থির চাপে, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন ও পরম তাপমাত্রা যদি যথাক্রমে V ও T° (A) হয়, তবে $V \propto T$.

বয়েল ও চার্লসের সূত্রদ্বয়ের একত্রীকরণ ঃ

কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের উপর চাপ ও তাপমাত্রার যুগপৎ প্রভাব কিরূপ হইবে, তাহা উপরোক্ত বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্রকে সম্মিলিত করিলেই পাওয়া যাইবে। এই দুইটি সূত্র হইতে আমরা নিম্নোক্ত গাণিতিক সম্পর্ক স্থাপন করিয়াছি ঃ

$V \propto \frac{1}{P}$, যখন T স্থির (বয়েলের সূত্র)।

এবং $V \propto T$, যখন P স্থির (চার্লসের সূত্র)।

[P, V ও T যথাক্রমে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসটির চাপ, আয়তন ও চরম তাপমাত্রা।]

অতএব, গণিতের ভেদ-সূত্র (Law of variation) অনুযায়ী,

$$V \propto \frac{T}{P},$$ যখন T ও P উভয়েই পরিবর্তিত হয়।

বা, $V = K.\frac{T}{P}$; বা, $\frac{PV}{T} = K$ (ধ্রুবক)।

বা, $PV = KT$.

অর্থাৎ, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল উহার চরম তাপমাত্রার সহিত সমানুপাতিক।

সুতরাং, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের P_1 ও P_2 চাপে ও T_1 ও T_2 চরম তাপমাত্রায় আয়তন যদি যথাক্রমে V_1 ও V_2 হয়, তবে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = K$$ (ধ্রুবক)

সাধারণভাবে বলা যায় যে, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \frac{P_3V_3}{T_3} = \dots = \frac{P_nV_n}{T_n} = K$$ (ধ্রুবক),

যেখানে P, V ও T রাশিগুলি যথাক্রমে গ্যাসটির চাপ, আয়তন ও চরম তাপমাত্রা নির্দেশ করে। K-এর মান স্থির রাশি এবং উহা কেবলমাত্র গ্যাসের পরিমাণের (ভরের) উপর নির্ভরশীল।

সার্বিক গ্যাস-ধ্রুবক বা আণব গ্যাস-ধ্রুবক, R ঃ 1 মোল যে-কোন গ্যাসের আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রার সম্পর্ককে সাধারণ গ্যাস-সমীকরণ, $PV = RT$, দ্বারা ব্যক্ত করা যায়। এই সমীকরণে V = গ্যাসের আয়তন, P = উহার চাপ এবং T = উহার চরম তাপমাত্রা এবং R = একটি ধ্রুবক রাশি বা নিত্য-সংখ্যা। R রাশিটিকে সার্বিক গ্যাস-ধ্রুবক বা আণব গ্যাস-ধ্রুবক (মোলার গ্যাস-নিত্যসংখ্যা) বলা হয়। যে-কোন গ্যাসের 1 মোলের (1 গ্রাম-অণুর) ক্ষেত্রে R-এর মান সমান এবং অপরিবর্তনশীল। গ্যাসের আয়তনকে লিটারে উহার চাপকে অ্যাটমস্ফিয়ারে (বায়ু-চাপে) এবং তাপমাত্রাকে চরম স্কেলে প্রকাশ করিলে R-এর একক হয় 0·0821 লিটার-অ্যাট্‌মস্ফিয়ার/প্রতি ডিগ্রী চরম তাপমাত্রা/প্রতি মোল। অন্যান্য এককে R-এর মান নিম্নরূপ ঃ

$R = 8{\cdot}31 \times 10^7$ আর্গ/প্রতি ডিগ্রি চরম তাপমাত্রা/প্রতি মোল

= 8·31 জুল/ ,, ,, / ,,
= 1·99($\simeq$2) ক্যালরি/ ,, ,, / ,,

***প্রশ্ন। কোন গ্যাস-মিশ্রণে উপাদান গ্যাসগুলির মোল-ভগ্নাংশের সহিত উহাদের অংশপ্রেষের সম্বন্ধ নির্ণয় কর।** [Deduce the relationship between the

partial pressures and mole fractions of the constituent gases in a gas-mixture.]

উঃ। ধরা যাক্, দুইটি গ্যাসের একটি মিশ্রণ T° চরম তাপমাত্রায় V আয়তন অধিকার করিয়া আছে এবং উহার সম্পূর্ণ চাপ = P। ঐ মিশ্রণে উপাদান গ্যাস-দুইটি যদি n_1 ও n_2 মোল (গ্রাম-অণু) পরিমাণে বর্তমান থাকে এবং উহাদের অংশপ্রেষ (আংশিক চাপ) যদি যথাক্রমে p_1 ও p_2 হয়, তবে গ্যাস-সূত্র অনুসারে,

$$p_1 = \frac{n_1 RT}{V} \cdots \text{(i)} \quad \text{এবং} \quad p_2 = \frac{n_2 RT}{V} \cdots \text{(ii)}$$

যেহেতু গ্যাস-মিশ্রণটির সম্পূর্ণ চাপ = P, ডালটনের অংশপ্রেষ সূত্র অনুসারে,

$$p_1 + p_2 = P \; ; \; \text{বা,} \frac{n_1 RT}{V} + \frac{n_2 RT}{V} = P \; ; \; \text{বা,} \; P = (n_1 + n_2)\frac{RT}{V} \cdots \text{(iii)}$$

উপরোক্ত (i) ও (ii) নং সমীকরণের প্রত্যেকটিকে (iii) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করিয়া পাওয়া যায়,

$$\frac{p_1}{P} = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \; \text{এবং} \; \frac{p_2}{P} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \; ;$$

$$\text{বা,} \; p_1 = \left(\frac{n_1}{n_1 + n_2}\right) P \; \text{এবং} \; P_2 = \left(\frac{n_2}{n_1 + n_2}\right) P.$$

বন্ধনীর মধ্যস্থ ভগ্নাংশদ্বয় একটি গ্যাসের মোলের সংখ্যা ও মিশ্রণস্থিত গ্যাসদ্বয়ের মোট মোলের সংখ্যার অনুপাত। সুতরাং, এই ভগ্নাংশ দুইটিকে গ্যাসদ্বয়ের মোল-ভগ্নাংশ (mole fraction) বলে। উপরোক্ত উদাহরণে, $\frac{n_1}{n_1 + n_2}$ প্রথম গ্যাসটির মোল ভগ্নাংশ এবং $\frac{n_2}{n_1 + n_2}$ দ্বিতীয় গ্যাসটির মোল-ভগ্নাংশ। সুতরাং, দেখা যাইতেছে যে, **গ্যাস-মিশ্রণের যে-কোন উপাদান গ্যাসের অংশপ্রেষ (বা, আংশিক চাপ) উহার মোল ভগ্নাংশ ও মিশ্রণের সম্পূর্ণ চাপের গুণফলের সমান।**

প্রশ্ন ৭ (b) গ্যাসের ব্যাপন বলিতে কি বুঝ? গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র ব্যাখ্যা সহ বিবৃত কর।

উঃ। (ক) **গ্যাসের ব্যাপনঃ** দুইটি বা ততোধিক সংখ্যক গ্যাসকে (যাহারা পরস্পর বিক্রিয়া করে না) যদি একটি পাত্রে আবদ্ধ করিয়া রাখা হয়, তবে তাহারা স্বতঃস্ফূর্তভাবে একে অপরের সহিত সম্পূর্ণরূপে মিশিয়া গিয়া একটি সমসত্ত্ব গ্যাস-মিশ্রণের সৃষ্টি করে। এই মিশ্রণ-প্রক্রিয়ায় উপাদান-গ্যাসগুলির ঘনত্ব কোন প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি করে না; অর্থাৎ, অপেক্ষাকৃত ভারী গ্যাসও পাত্রের উপরের দিকে উত্থিত হয় এবং অপেক্ষাকৃত হাল্কা গ্যাসও পাত্রের নীচের দিকে নামিয়া আসিয়া মিশ্রণের কাজ সম্পূর্ণ করে। সুতরাং, এই ওতঃপ্রোত মিশ্রণ সংঘটিত হয় মাধ্যাকর্ষণ শক্তির সম্পূর্ণ

বিরুদ্ধাচরণে। গ্যাস-সমূহের এইরূপ স্বতঃস্ফূর্ত মিশ্রণকে গ্যাসীয় ব্যাপন (Gaseous diffusion) বলে।

গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের অণুগুলি নিরন্তর যত্রতত্র অবিরাম গতিতে ছুটাছুটি করে। অণুদের এইরূপ ছুটাছুটিতে, একটি গ্যাসের অণুসমূহ অন্য গ্যাসের আন্তরাণবিক মুক্ত স্থানে (intermolecular vacant space) প্রবেশ করিয়া সমসত্ত্ব মিশ্রণ প্রস্তুত করিতে সাহায্য করে।

(খ) **গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র ঃ** বিজ্ঞানী টমাস গ্রাহাম গ্যাসীয় ব্যাপনের মূল সূত্রটি নিম্নরূপে ব্যক্ত করেন ঃ

"নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে, বিভিন্ন গ্যাসের ব্যাপন-হার উহাদের আপেক্ষিক ঘনত্বের বর্গমূলের সহিত ব্যস্তানুপাতিক।"

[কোন গ্যাসের ব্যাপন-হার বলিতে, প্রতি সেকেণ্ডে কত আয়তন (ml.) গ্যাসটি ব্যাপিত হয় তাহাই বুঝায়। অর্থাৎ, কোন একটি গ্যাস যদি t সেকেণ্ডে Vml. ব্যাপিত হয়, তবে উহার ব্যাপনের হার, $R = \frac{V}{t}$.]

গ্রাহামের সূত্র অনুসারে, কোন একটি গ্যাসের ব্যাপন হার যদি R হয় এবং উহার আপেক্ষিক ঘনত্ব যদি D হয়, তবে $R \propto \frac{1}{\sqrt{D}}$; বা, $R = \frac{K}{\sqrt{D}}$ (K একটিধ্রুবক)। দুইটি গ্যাসের ক্ষেত্রে, উহাদের ব্যাপন-হার যদি যথাক্রমে R_1 ও R_2 হয় এবং উহাদের আপেক্ষিক ঘনত্ব যথাক্রমে D_1 এবং D_2 হয়, তবে গ্রাহামের সূত্র অনুসারে, $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\sqrt{D_2}}{\sqrt{D_1}}$.

উদাহরণস্বরূপ, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের আপেক্ষিক ঘনত্ব যথাক্রমে 16 এবং 1. সুতরাং, $\frac{R_H}{R_O} = \frac{\sqrt{16}}{\sqrt{1}} = 4 : 1$. অর্থাৎ, একই উষ্ণতা ও চাপে, হাইড্রোজেন গ্যাস অক্সিজেন গ্যাস হইতে চতুর্গুণ অধিক গতিতে ব্যাপিত হইবে। সুতরাং, দেখা যাইতেছে যে, হাল্কা গ্যাস ভারী গ্যাস অপেক্ষা দ্রুততর গতিতে ব্যাপিত হয়। [এই ক্ষেত্রে উল্লেখ করা প্রয়োজন যে, গ্রাহামের সূত্রে বর্ণিত আপেক্ষিক ঘনত্বের পরিবর্তে গ্যাসের প্রমাণ ঘনত্ব (normal densi'y) লইয়া গণনা করিলেও সূত্রটির যথার্থতা প্রমাণিত হয়।]

[**গ্রাহামের সূত্রের অনুসিদ্ধান্ত ঃ** গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র হইতে সরাসরি কতকগুলি প্রয়োজনীয় অনুসিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়। যথা ঃ

(১) **সমান তাপমাত্রা ও চাপে, কোন নির্দিষ্ট সময়ে দুইটি গ্যাসের যে বিভিন্ন আয়তন ব্যাপিত হয় তাহা গ্যাসদ্বয়ের আপেক্ষিক ঘনত্বের বর্গমূলের সহিত ব্যস্তানুপাতিক।**

ধরা যাক্, সমান তাপমাত্রা ও চাপে A ও B নামক দুইটি গ্যাসের যথাক্রমে V_A ও V_B আয়তন t_A ও t_B সেকেণ্ডে ব্যাপিত হয়। A ও B-গ্যাসের আপেক্ষিক

ঘনত্ব যদি যথাক্রমে D_A ও D_B হয় এবং উহাদের ব্যাপন-হার যথাক্রমে R_A ও R_B হয়, তবে গাহামের সূত্র অনুসারে,

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{V_A}{t_A} \div \frac{V_B}{t_B} = \frac{\sqrt{D_B}}{\sqrt{D_A}} \ldots\ldots(i)$$

$$\text{বা,}\quad \frac{V_A}{t_A} \cdot \frac{t_B}{V_B} = \frac{\sqrt{D_B}}{\sqrt{D_A}} \ldots\ldots(ii)$$

এক্ষণে, গ্যাস দুইটিকে যদি একই সময় ধরিয়া ব্যাপিত হইতে দেওয়া হয়, অর্থাৎ, যদি $t_A = t_B$ হয়, তবে, $\frac{V_A}{V_B} = \frac{\sqrt{D_B}}{\sqrt{D_A}}$.

অর্থাৎ সমান তাপমাত্রা ও চাপে, দুইটি গ্যাসের যে বিভিন্ন আয়তন একই সময়ে ব্যাপিত হয়, তাহা গ্যাসদ্বয়ের আপেক্ষিক ঘনত্বের বর্গমূলের সহিত ব্যস্তানুপাতিক।

(২) সমান তাপমাত্রা ও চাপে, দুইটি গ্যাসের একই আয়তন ব্যাপিত হইতে যে বিভিন্ন সময় লাগে, তাহা গ্যাসদ্বয়ের আপেক্ষিক ঘনত্বের বর্গমূলের সহিত সমানুপাতিক।

সমান তাপমাত্রা ও চাপে, যখন দুইটি গ্যাসের একই আয়তন ব্যাপিত হয়, তখন উপরোক্ত (ii) নং সমীকরণে $V_A = V_B$ হয়। অতএব, ঐ সমীকরণটি দাঁড়ায়,

$$\frac{t_B}{t_A} = \frac{\sqrt{D_B}}{\sqrt{D_A}}.$$

অর্থাৎ সমান তাপমাত্রা ও চাপে, যখন দুইটি গ্যাসের একই আয়তনের ব্যাপিত হইবার সময়কাল, গ্যাসদ্বয়ের আপেক্ষিক ঘনত্বের বর্গমূলের সহিত সমানুপাতিক।

(৩) যে-কোন গ্যাসের ব্যাপন হার উহার আণবিক গুরুত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।

আমরা জানি, যে-কোন গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব (M) = 2 × উহার আপেক্ষিক ঘনত্ব (D) ; বা, $M = 2D$.

A ও B-নামক দুইটি গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব যদি যথাক্রমে M_A ও M_B হয় এবং উহাদের ব্যাপন হার ও আপেক্ষিক ঘনত্ব যদি যথাক্রমে R_A ও R_B এবং D_A ও D_B হয়, তবে গ্রাহামের সূত্র অনুসারে,

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\sqrt{D_B}}{\sqrt{D_A}} = \frac{\sqrt{\frac{M_B}{2}}}{\sqrt{\frac{M_A}{2}}}$$

$$\text{বা,}\quad \frac{R_A}{R_B} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{M_A}}\ ;\ \text{বা,}\ R \propto \frac{1}{\sqrt{M}}.$$

অর্থাৎ, যে-কোন গ্যাসের ব্যাপন-হার উহার আণবিক গুরুত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।]

*প্রশ্ন। নিচের গ্যাসগুলিকে ব্যাপন-সময়ের পরিমাণ অনুসারে সাজাও ঃ

NH_3, N_2 ও CO_2 ; গ্যাসীয় ব্যাপনের ব্যবহারিক প্রয়োগ কি ?

[Arrange the following gases in the order of their time of diffusion : NH_3, N_2, CO_2.

What are the practical applications of gaseous diffusion ?]

উত্তর। NH_3 গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব $= 14 + 3 = 17$; নাইট্রোজেন গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 14 = 28$; কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব $= 12 + 32 = 44$. গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব উহার আণবিক গুরুত্বের অর্ধেক। অতএব, NH_3 গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব $= 17 \div 2 = 8{\cdot}5$; নাইট্রোজেন গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব $= 28 \div 2 = 14$; কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব $= 44 \div 2 = 22$। আমরা জানি যে, হাল্কা গ্যাস দ্রুততর গতিতে এবং ভারী গ্যাস মন্দতর গতিতে ব্যাপিত হয়। অর্থাৎ, হাল্কা গ্যাসের ব্যাপনের সময়, ভারী গ্যাসের ব্যাপনের সময় অপেক্ষা কম। সুতরাং, আলোচ্য ক্ষেত্রে অ্যামোনিয়া গ্যাসের ব্যাপন-কাল সর্বাপেক্ষা কম হইবে ; নাইট্রোজেনের ব্যাপক-কাল অ্যামোনিয়া হইতে বেশী ও কার্বন ডাই-অক্সাইড অপেক্ষা কম হইবে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যাপন-কাল সর্বাধিক হইবে।

(গ) **গ্যাসীয় ব্যাপনের উপযোগিতা ঃ** গ্যাসীয় ব্যাপন ক্রিয়ার সাহায্যে অনেক যৌগের বা মৌলের (গ্যাসীয় বা বাষ্পীয় আকারে পাওয়া গেলে) আণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়। বিভিন্ন ঘনত্ব-বিশিষ্ট গ্যাসকে, বা গ্যাসীয় অবস্থায় বিভিন্ন সমস্থানিক মৌলকে গ্যাসীয় ব্যাপনের সাহায্যে পৃথক্ করা যায়। অনেক কয়লা-খনিতে অতি-দাহ্য (বিস্ফোরক) মিথেন গ্যাস বর্তমান থাকে। গ্যাসীয় ব্যাপনের সাহায্য লইয়া মিথেন গ্যাসের অবস্থিতি জানার জন্য সতর্কতা-জ্ঞাপক যন্ত্র (Marsh gas detector) আবিষ্কৃত হইয়াছে।

*প্রশ্ন। **গ্যাসের প্রবহণ বা স্কন্দন (ছিদ্র-ব্যাপন) বলিতে কি বুঝ? এই প্রক্রিয়ার একটি ব্যবহারিক প্রয়োগ বর্ণনা কর।** [What do you understand by effusion of gases. Discuss a practical application of the phenomenon.]

উঃ। দুই বা ততোধিক গ্যাসের স্বতঃস্ফূর্ত ওতঃপ্রোত মিশ্রণক্রিয়াকে গ্যাসীয় ব্যাপন বলে। কিন্তু, কিঞ্চিৎ উচ্চচাপে একটি পাত্রে রক্ষিত কোন গ্যাসকে যদি ঐ পাত্রের গাত্রের কোন সূচীছিদ্র পথ দিয়া বাহিরের বাতাসে ব্যাপিত হইতে দেওয়া হয়, সেই ক্ষেত্রে পাত্রের বাহিরের বাতাস ঐ ছিদ্র পথ দিয়া পাত্রের ভিতরে প্রবেশ করিয়া উক্ত গ্যাসটির মধ্যে ব্যাপিত হইতে পারে না। একক গ্যাসের এইরূপ ব্যাপন-ক্রিয়াকে **প্রবহণ, স্কন্দন** বা **ছিদ্র-বাপন** বলে। গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্রটি গ্যাসের প্রবহণের ক্ষেত্রেও সমভাবে প্রযোজ্য।

প্রবহণ প্রক্রিয়ার সাহায্যে গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়।

প্রবহণ-যন্ত্রে সমান তাপমাত্রা ও চাপে সম-আয়তন দুইটি গ্যাসের প্রবহণের সময় মাপা হয়। গ্যাসদ্বয়ের একটির আণবিক ওজন জানা থাকিলে, এই পরীক্ষার দ্বারা অপর গ্যাসটির আণবিক ওজন গণনা করা যায়।

ধরা যাক, সমান তাপমাত্রা ও চাপে V আয়তন A ও B গ্যাসদ্বয়ের প্রবহণের সময়কাল যথাক্রমে t_A ও t_B সেকেণ্ড। অতএব, উহাদের প্রবহণের হারের অনুপাত, $\frac{R_A}{R_B} = \frac{V/t_A}{V/t_B} = \frac{t_B}{t_A}$. গ্যাসদ্বয়ের আণবিক ওজন যদি যথাক্রমে M_A ও M_B হয়,

$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{M_A}}$. সুতরাং, $\frac{t_B}{t_A} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{M_A}}$.

t_A ও t_B প্রবহণ-যন্ত্রে সঠিক রূপে মাপা হয়। এক্ষণে M_A বা M_B-এর যে-কোন একটির মান জানা থাকিলে, উপরের সম্পর্ক হইতে অপরটির মান সহজেই গণনা করা যায়।

গাণিতিক সমাধান

(১) 0°C ও 760 mm. চাপে 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন 11·2 লিটার হইলে, তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রাখিয়া চাপের মান 750 mm. করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

[1 gm. of hydrogen occupies 11·2 litres at 0°C and 760 mm. pressure. What will be its volume when the pressure is 750 mm., temperature remaining the same;]

উঃ। ধরা যাক্‌, 750 mm. চাপে গ্যাসটির আয়তন V_2 লিটার হইবে।

বয়েলের সূত্র অনুযায়ী, প্রারম্ভিক $P_1 V_1$ = অন্তিম $P_2 V_2$।

এই ক্ষেত্রে, $P_1 = 760$ mm. (প্রারম্ভিক চাপ)

$V_1 = 11{\cdot}2$ লিটার (প্রারম্ভিক আয়তন)

$P_2 = 750$ mm. (অন্তিম চাপ)

$\therefore\ 760 \times 11{\cdot}2$ লিটার $= 750 \times V_2$

বা, $V_2 = \frac{760 \times 11{\cdot}2}{750}$ লিটার $= 11{\cdot}34$ লিটার।

সুতরাং, 750 mm. চাপে (0°C তাপমাত্রায়) 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন 11·34 লিটার হইবে।

(২) (ক) একই তাপমাত্রায় 750 mm. চাপে 100 ml. কোন গ্যাসের আয়তন যদি 50 ml. করা হয়, তবে গ্যাসের চাপ কত হইবে?

(খ) একই চাপে 27°C তাপমাত্রায় যে পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 1 লিটার, কত তাপমাত্রায় তাহার আয়তন 2 লিটার হইবে?

[(a) 100 ml. of a gas at 750 mm. pressure is compressed to 50 ml. What is the new pressure ? The temperature is constant.

(b) 1 litre of a gas is measured at 27°C. At what temperature will its volume be 2 litres, the pressure remaining constant ?]

উঃ। (ক) বয়েলের সূত্র অনুসারে, স্থির তাপমাত্রায়, $P_1V_1 = P_2V_2$.

বর্তমান ক্ষেত্রে, $P_1 = 750$ mm. ; $V_1 = 100$ ml.

$V_2 = 50$ ml. ; P_2 বাহির করিতে হইবে।

সুতরাং, $750 \times 100 = P_2 \times 50$; বা, $P_2 = \frac{750 \times 100}{50} = 1500$ mm.

অতএব, গ্যাসটির নূতন চাপ 1500 mm. হইবে।

(খ) চার্লসের সূত্র অনুসারে, স্থির চাপে, $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

(V_1 = প্রারম্ভিক আয়তন ; T_1 = প্রারম্ভিক তাপমাত্রা ; V_2 = অন্তিম আয়তন, T_2 = অন্তিম তাপমাত্রা।)

বর্তমান ক্ষেত্রে, $V_1 = 1$ লিটার ; $T_1 = 27°C = 27 + 273 = 300°A$.

$V_2 = 2$ লিটার ; T_2 বাহির করিতে হইবে।

সুতরাং, $\frac{1}{300} = \frac{2}{T_2}$; বা $T_2 = 2 \times 300 = 600°A = 600 - 273 = 327°C$.

অতএব, 327°C তাপমাত্রায় গ্যাসটির আয়তন 2 লিটার হইবে।

(৩) 10°C তাপমাত্রায় অবস্থিত এক নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুকে উত্তপ্ত করিয়া উহার আয়তন ও চাপ দ্বিগুণ করা হইল। কত ডিগ্রি তাপমাত্রায় ঐ বায়ুকে উত্তপ্ত করা হইয়াছিল ? [A certain volume of air at 10°C is heated until both its volume and pressure are doubled. At what temperature the air was heated ?]

উঃ। ধরা যাক, নির্দিষ্ট আয়তন বায়ুকে t°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহার আয়তন ও চাপ পূর্বের তুলনায় দ্বিগুণ হয়। সুতরাং, 10°C তাপমাত্রায় বায়ুর আয়তন ও চাপ যদি যথাক্রমে V ও P হয়, তবে t°C তাপমাত্রায় ঐ বায়ুর আয়তন ও চাপ যথাক্রমে 2V ও 2P.

$\therefore$ গ্যাস-সূত্র অনুসারে, $\frac{PV}{273+10} = \frac{2P \times 2V}{273+t}$

বা, $273 + t = 4 \times 283$; বা, $t = (1132 - 273)°C = 859°C$.

সুতরাং, 859°C তাপমাত্রায় ঐ বায়ুর আয়তন ও চাপ পূর্বের তুলনায় দ্বিগুণ হইবে।

(৪) 742 mm. চাপে ও 15°C তাপমাত্রায় 400 ml. একটি শুষ্ক গ্যাসকে সংগ্রহ করা হইল। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় উহার আয়তন কত হইবে ?

[400 ml. of a dry gas are collected at 742 mm. pressure and 15°C. Find the volume of the gas at N.T.P.]

উঃ। গ্যাস-সূত্র অনুসারে, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$.

বর্তমান গ্যাসটির ক্ষেত্রে,

প্রারম্ভিক চাপ $(P_1) = 742$ mm.

,, তাপমাত্রা $(T_1) = (15+273) = 288°A$

,, আয়তন $(V_1) = 400$ ml.

অন্তিম চাপ $(P_2) = 760$ mm.

,, তাপমাত্রা $(T_2) = 0°C = 273°A$

,, আয়তন (V_2) বাহির করিতে হইবে।

$$\therefore \frac{742 \times 400}{288} = \frac{760 \times V_2}{273} \text{ ; বা, } V_2 = \frac{742 \times 400 \times 273}{288 \times 760} \text{ml.}$$

$$= 370{\cdot}2 \text{ ml.}$$

সুতরাং, প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসটির আয়তন 370·2 ml. হইবে।

(৫) (ক) 27°C ও 750 mm. চাপে জলের উপর 100 ml. হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হইল। শুষ্ক গ্যাসটির আয়তন প্রমাণ অবস্থায় কত হইবে? (27°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 14·4 mm.)

(খ) 17°C তাপমাত্রা ও 740 mm. চাপে জলের উপর 100 ml. হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হইল। যদি প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 ml. শুষ্ক হাইড্রোজেনের ওজন 0·000089 গ্রাম হয়, তবে শুষ্ক অবস্থায় সংগৃহীত গ্যাসের ওজন কত হইবে? (17°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 14·53 mm.)

[(*a*) 100 ml. of hydrogen are collected over water at 27°C and 750 mm. pressure. Find the volume of the dry gas at N.T.P. (Aqueous tension at 27°C is 14·4 mm.)

(*b*) 100 ml. of hydrogen are collected over water at 17°C and 740 mm. pressure. Calculate the weight of the dry gas, if 1 ml. of dry hydrogen at N.T.P. weighs 0·000089 gm. (The vapour pressure of water at 17°C is 14·53 mm.)]

উঃ। (ক) শুষ্ক হাইড্রোজেনের গ্যাসের চাপ = 750 − 14·4 = 735·6 mm.

শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন N.T.P.-তে V_0 ml. হইলে, গ্যাস-সূত্র অনুসারে,

$$\frac{100 \times 735{\cdot}6}{273+27} = \frac{V_0 \times 760}{273} \text{ ; বা, } V_0 = \frac{100 \times 273 \times 735{\cdot}6}{300 \times 760}$$

$$= 91{\cdot}12 \text{ ml.}$$

অতএব, প্রমাণ অবস্থায় শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন 91·12 ml. হইবে।

(খ) হাইড্রোজেনের প্রারম্ভিক আয়তন = 100 ml. (V_1)

,, ,, তাপমাত্রা = 17°C = (17 + 273) = 290°A (T_1)

শুষ্ক ,, ,, চাপ = 740 − 14·53 = 725·47 mm. ($P_1 - f$)

,, ,, অন্তিম চাপ = 760 mm. (P_2)

,, ,, ,, তাপমাত্রা = 0°C = 273°A (T_2)

ধরা যাক্‌, প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন V_2 ml. হইবে।

সুতরাং, গ্যাস-সূত্র অনুসারে—

$$\frac{(P_1 - f) \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

বা, $\frac{725 \cdot 47 \times 100}{290} = \frac{760 \times V_2}{273}$; বা $V_2 = \frac{725 \cdot 47 \times 100 \times 273}{760 \times 290}$ ml.

যেহেতু প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 ml. হাইড্রোজেনের ওজন = 0·000089 গ্রাম, অতএব, ঐ অবস্থায় V_2 ml. হাইড্রোজেনের ওজন হইবে $V_2 \times 0 \cdot 000089$ গ্রাম

$= \frac{725 \cdot 47 \times 100 \times 273}{760 \times 290} \times 0 \cdot 000089$ গ্রাম = 0·007993 গ্রাম।

সুতরাং, প্রমাণ অবস্থায় শুষ্ক হাইড্রোজেনের ওজন 0·007993 গ্রাম হইবে।

(৬) একটি সিলিণ্ডারে 2·82 লিটার জল ধরে। সিলিণ্ডারটিকে 27°C তাপমাত্রায় ও 100 বায়ুমণ্ডলীর চাপে হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা ভর্তি করা হইল। এই গ্যাস দ্বারা প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 21 cm. ব্যাস-বিশিষ্ট কতগুলি গোলকাকার বেলুন ভর্তি করা যাইবে?

[Spherical balloons of 21 cm. diameter are to be filled up with hydrogen at N. T. P. from a cylinder containing the gas at 27°C and 100 atmospheric pressure. If the cylinder can hold 2·82 litres of water, calculate the number of balloons that can be filled up.]

উঃ। সিলিণ্ডারটিতে 2·82 লিটার জল ধরে। অতএব, উহার ভিতরের আয়তন 2·82 লিটার। সুতরাং, উহাতে অবস্থিত হাইড্রোজেনের আয়তনও 2·82 লিটার। 100 বায়ু-চাপে ও 27°C তাপমাত্রায় 2·82 লিটার হাইড্রোজেন যদি প্রমাণ অবস্থায় V লিটার আয়তন অধিকার করে, তবে গ্যাস-সূত্র অনুযায়ী,

$\frac{100 \times 2 \cdot 82}{273 + 27} = \frac{1 \times V}{273}$; বা, $V = \frac{100 \times 2 \cdot 82 \times 273}{300}$ লিটার

= 256·62 লিটার

= 256620 ml.

প্রতিটি গোলকাকার বেলুনের আয়তন $=\frac{4}{3}\pi\left(\frac{21}{2}\right)^3$ ml. $=4851$ ml.

($\because$ গোলকের আয়তন $=\frac{4}{3}\pi\times$ (ব্যাসার্ধ)^3 ; এইস্থলে ব্যাস $=21$ cm.

$\therefore$ ব্যাসার্ধ $=\frac{21}{2}$ cm.)

$256620\div4851=52{\cdot}9.$

সুতরাং ঐ গ্যাস দ্বারা 52টি বেলুন ভর্তি করা যাইবে এবং কিছু গ্যাস অবশিষ্ট থাকিবে।

(৭) P চাপে কোন আয়তনের বায়ুকে সংকুচিত করিয়া উহার আয়তন পূর্ব আয়তনের $\frac{1}{6}$ ভাগ করা হইল। তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকিলে বায়ুর নতুন চাপ পূর্বের চাপের কতগুণ হইবে ?

[A volume of air at pressure P is compressed to $\frac{1}{6}$th of its original volume. What will be the new pressure of the air, temperature remaining constant ?]

উঃ। প্রথম অবস্থায় বায়ুর চাপ $=P$; ধরা যাক্, ঐ চাপে বায়ুর আয়তন V. সুতরাং, সংকোচনের ফলে বায়ুর আয়তন $\frac{1}{6}V$ হইবে। গ্যাস-সূত্র অনুসারে, $P_1V_1=P_2V_2$ (যখন তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে)।

বর্তমান ক্ষেত্রে $P_1=P$; $V_1=V$; $V_2=\frac{1}{6}V$; P_2 বাহির করিতে হইবে।

$$P_2=\frac{P_1V_1}{V_2}=\frac{PV}{\frac{1}{6}V}=6P.$$

সুতরাং, বায়ুর নূতন চাপ পূর্বের চাপের 6 গুণ (6P) হইবে।

(৮) কোন এক স্থানের বায়ুমণ্ডলের চাপ পারদস্তম্ভের 760 mm.-এর সমান। ঐ স্থানের বায়ুতে যে-পরিমাণ জলীয় বাষ্প বর্তমান, তাহার নিজস্ব চাপ 10 mm. ঐ স্থানের শুষ্ক বায়ুতে যদি 20% অক্সিজেন, 70% নাইট্রোজেন ও 10% কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকে, তবে প্রতিটি গ্যাসের আংশিক চাপ কত ?

[The atmospheric pressure at a place is 760 mm. of mercury. The air at that place contains water vapour, which alone exerts a pressure of 10 mm. If the dry air there is composed of 20% oxygen, 70% nitrogen and 10% carbon dioxide, calculate the partial pressure of each gas.]

উঃ। ঐ স্থানের বায়ুতে অবস্থিত O_2, N_2 ও CO_2-এর মিলিত চাপ
$=(760-10)=750$ mm.

$\therefore$ অক্সিজেনের আংশিক চাপ $=\frac{20}{100}\times750=150$ mm. ;

$\therefore$ নাইট্রোজেনের " " $=\frac{70}{100}\times750=525$ mm. ;

কার্বন ডাই-অক্সাইডের " " $=\frac{10}{100}\times750=75$ mm.

(৯) অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ও মিথেন গ্যাসের প্রতিটি 1 গ্রাম করিয়া লইয়া একটি বন্ধ পাত্রে মিশ্রিত করায় ঐ মিশ্রণের মোট চাপ হইল 760 mm. প্রতিটি গ্যাসের অংশপ্রেষ নির্ণয় কর।

[1 gm. each of oxygen, hydrogen and methane are mixed in a closed vessel when the total pressure of the gas-mixture is found to be 760 mm. Calculate the partial pressure of each gas.]

উঃ। 1 গ্রাম $O_2 = \frac{1}{32}$ মোল অক্সিজেন (∵ অক্সিজেনের আণবিক ওজন $= 32$);

1 গ্রাম $H_2 = \frac{1}{2}$ মোল হাইড্রোজেনে (∵ হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন $= 2$);

1 গ্রাম মিথেন $= \frac{1}{16}$ মোল মিথেন (∵ মিথেনের আণবিক ওজন $= 16$)।

সুতরাং, গ্যাস-মিশ্রণে গ্যাস তিনটির মোট মোল-সংখ্যা $= \frac{1}{32} + \frac{1}{2} + \frac{1}{16} = \frac{19}{32}$.

গ্যাস-মিশ্রণে অক্সিজেনের মোল-ভগ্নাংশ (mole fraction) $= \frac{1}{32} \div \frac{19}{32} = \frac{1}{19}$;

" , হাইড্রোজেনের " " $= \frac{1}{2} \div \frac{19}{32} = \frac{16}{19}$;

" " মিথেনের " " $= \frac{1}{16} \div \frac{19}{32} = \frac{2}{19}$.

যেহেতু গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ = 760 mm.

∴ অক্সিজেনের অংশপ্রেষ $= 760 \times \frac{1}{19} = 40$ mm.

হাইড্রোজেনের " $= 760 \times \frac{16}{19} = 640$ mm. ;

এবং মিথেনের " $= 760 \times \frac{2}{19} = 80$ mm.

(১০) (ক) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব যথাক্রমে লিটার-প্রতি 1·25 গ্রাম ও 0·09 গ্রাম। একটি সচ্ছিদ্র পর্দার ভিতর দিয়া যে সময়ে 100 ml. হাইড্রোজেন ব্যাপিত হয়, সেই সময়ে ঐ পর্দার ভিতর দিয়া কত আয়তন নাইট্রোজেন ব্যাপিত হইবে ?

[The absolute density of nitrogen is 1·25 gms./litre and that of hydrogen is 0·09 gm./litre. Calculate the volume of nitrogen which

would diffuse through a porous membrane of a given area in the same time as 100 ml. of hydrogen.]

উঃ। ধরা যাক, নির্দিষ্ট সময়ে ঐ সচ্ছিদ্র পর্দার ভিতর দিয়া V ml. নাইট্রোজেন ব্যাপিত হয়। অতএব, গ্রাহামের সূত্রের অনুসিদ্ধান্ত অনুযায়ী,

$$\frac{N_2\text{-এর ব্যাপিত আয়তন}}{H_2\text{-এর ব্যাপিত আয়তন}} = \frac{H_2\text{-এর ঘনত্বের বর্গমূল}}{N_2\text{-এর ঘনত্বের বর্গমূল}}$$

সুতরাং, $\frac{V}{100} = \frac{\sqrt{0{\cdot}09}}{\sqrt{1{\cdot}25}}$; বা, $V = \frac{\sqrt{0{\cdot}09} \times 100}{\sqrt{1{\cdot}25}} = 26{\cdot}8$ ml.

অতএব, ঐ সময়ে 26·8 ml. নাইট্রোজেন গ্যাস ব্যাপিত হইবে।

(খ) চাপ ও তাপমাত্রার সম-অবস্থায় বিশুদ্ধ ওজোন ও ক্লোরিন গ্যাসের প্রতিটির 80 ml. ব্যাপিত হইতে যথাক্রমে 60 সেকেণ্ড ও 72 সেকেণ্ড সময় লাগে। ক্লোরিনের বাষ্প-ঘনত্ব 35·46 হইলে, ওজোনের আণবিক ওজন কত ?

[80 ml. each of pure ozone and chlorine require 60 seconds and 72 seconds respectively to diffuse under the same condition of temperature and pressure. If the vapour density of chlorine is 35·46, find the molecular weight of ozone.]

উঃ। প্রশ্ন হইতে দেখা যায় যে,

ওজোনের ব্যাপন-হার $= \frac{80}{60}$ ml./সেকেণ্ড

ক্লোরিনের ,, ,, $= \frac{80}{72}$ ml./সেকেণ্ড ;

ক্লোরিনের বাষ্প-ঘনত্ব = 35·46.

ওজোনের বাষ্প-ঘনত্ব যদি D হয়, তবে গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র অনুযায়ী,

$$\frac{80/60}{80/72} = \frac{\sqrt{35{\cdot}46}}{\sqrt{D}} \;;\quad \text{বা,}\quad D = \left[\frac{60}{72}.\sqrt{35{\cdot}46}\right]^2 = \frac{60^2}{72^2} \times 35{\cdot}46.$$

$$\therefore \text{ ওজোনের আণবিক ওজন} = 2 \times D = 2 \times \frac{(60)^2 \times 35{\cdot}46}{(72)^2} = 49{\cdot}26$$

সুতরাং, ওজোনের আণবিক ওজন = 49·26.

প্রশ্ন ৮। কলয়েড কাহাকে বলে ? ক্রিস্টালয়েড হইতে কিরূপে কলয়েডকে পৃথক্ করা যায় ? 'দ্রাব্যতা'র সংজ্ঞা ব্যাখ্যা কর। দ্রাব্যতা-লেখের কয়েকটি ব্যবহারিক প্রয়োগ বল।

[What are colloids ? How is the colloid separated from crystalloid ? Explain the term 'solubility'. Give some of the practical applications of solubility curve.]

[*প্রশ্ন। **বিভিন্ন ধরনের কলয়েডের উদাহরণ দাও। কলয়েড ও ক্রিস্টালয়েডের মধ্যে পার্থক্য কি? কলয়েড দ্রবণ ও প্রকৃত দ্রবণের মধ্যে পার্থক্য কি? ঝিল্লী বিশ্লেষণ কাহাকে বলে?**

[Give examples of different types of colloids. Distinguish between colloids and crystalloids. What are the differences between a colloidal solution and a true solution. What is dialysis?)]

উত্তর। কলয়েড দ্রবণ ঃ দ্রাবরূপে কোন একটি পদার্থ দ্রাবকরূপী অন্য একটি পদার্থের মধ্যে নির্দিষ্ট মাপের (size) ব্যাস-বিশিষ্ট (10^{-5} সে. মি. হইতে 10^{-} সে. মি. পর্যন্ত) সূক্ষ্ম কণিকার আকারে প্রলম্বিত থাকিয়া যদি একটি অস্বচ্ছ ও অ-সমসত্ত্ব মিশ্রণের সৃষ্টি করে এবং এই মিশ্রণের দ্রাব-কণিকাগুলি যদি স্বাভাবিকভাবে মিশ্রণের তলদেশে থিতাইয়া না পড়ে এবং উহা সাধারণ ফিলটার কাগজের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যাইতে পারে কিন্তু পার্চমেণ্ট জাতীয় পর্দার ভিতর দিয়া বাহির হইতে না পারে তবে ঐ মিশ্রণকে **কলয়েড** দ্রবণ বা **কলয়েড** বলে। প্রকৃত দ্রবণের ন্যায়, কলয়েড দ্রবণেও দ্রাব কণিকাগুলিকে খালি চোখে দেখা যায় না এবং ইহা সাধারণ ফিলটার কাগজের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যাইতে পারে। গঁদের আঠা, ঘোলা জল, ষ্টার্চের দ্রবণ, প্রাণীর রক্ত, দুধ ইত্যাদি কলয়েড দ্রবণের উদাহরণ।

কলয়েড দ্রবণে যে পদার্থটি দ্রাবের ভূমিকায় নির্দিষ্ট আকারের কণিকারূপে মিশ্রণে প্রলম্বিত থাকিয়া ইতস্ততঃ সঞ্চরণ করে, তাহাকে **বিস্তৃত দশা** (dispersed phase) বলে এবং যে পদার্থের (দ্রাবকের) মধ্যে এই কণিকাগুলি প্রলম্বিত থাকে তাহাকে **বিস্তার মাধ্যম বা বিস্তৃতি মাধ্যম** (dispersion medium) বলে।

কলয়েড পদার্থের কোন বিশেষ শ্রেণী নয়,—উহা পদার্থের একটি বিশেষ অবস্থা। বস্তুতঃ, বিভিন্ন পদার্থকে বিশেষ অবস্থায় কলয়েডে পরিণত করা যায়, যদিও স্বাভাবিক অবস্থায় তাহারা কলয়েড নয়।

***বিভিন্ন ধরনের কলয়েড ঃ** বিস্তৃত পদার্থ ও বিস্তার মাধ্যমের বিভিন্নতায় বিভিন্ন ধরনের কলয়েডের সৃষ্টি হয়। নিম্নে উহাদের একটি তালিকা দেওয়া হইল ঃ

বিস্তার মাধ্যম	বিস্তৃত পদার্থ	কলয়েডের উদাহরণ
তরল	কঠিনাকার	গঁদের আঠা, ষ্টার্চ দ্রবণ, পাতলা ভাতের ফেন, ঘোলা জল, রক্ত, কলয়ডীয় সালফার, কলয়ডীয় সিলিসিক অ্যাসিড ইত্যাদি।
গ্যাসীয়	কঠিনাকার	সাধারণ ধূম্র
তরল	তরল	দুধ
গ্যাসীয়	তরল	কুয়াশা
তরল	গ্যাসীয়	ফেনা (যথা, সাবানের ফেনা)।

কোন কলয়েড দ্রবণের বিস্তার মাধ্যম তরল এবং বিস্তৃত পদার্থ কঠিনাকার হইলে, তাহাকে সল্ (sol) বলে। তরল বিস্তার মাধ্যমটি যদি জল হয়, তবে ঐ কলয়েড দ্রবণকে **জলীয় সল্** (aquosol) এবং বিস্তার মাধ্যমটি অ্যালকোহল হইলে উহাকে **অ্যালকোহলীয় সল্** (alcosol) বলে। যে সকল সল্‌কে ঘনীভূত এবং/অথবা ঠাণ্ডা করিলে উহা থক্‌থকে জেলীর আকার ধারণ করে, তাহাদিগকে **জেল্** (gel) বলা হয়। বিস্তার মাধ্যম ও বিস্তৃত পদার্থ উভয়েই যদি তরল হয় (স্বভাবতঃই, উহাদের একটি অপরটিতে অদ্রাব্য), তবে উৎপন্ন কলয়েড দ্রবণকে **অবদ্রব বা ইমালসন্** (emulsion) বলে। দুধ একটি ইমালসন্ ; ইহার বিস্তার মাধ্যম জল এবং বিস্তৃত পদার্থ তরল স্নেহজাতীয় দ্রব্য।

***ক্রিস্টালয়েড ও কোলয়েডের মধ্যে পার্থক্য ঃ**

ক্রিস্টালয়েড	কোলয়েড
(১) ইহারা সাধারণতঃ নিয়তাকার পদার্থ।	(১) ইহারা সাধারণতঃ অনিয়তাকার পদার্থ।
(২) ইহারা দ্রাবকে দ্রবীভূত হইয়া প্রকৃত দ্রবণ উৎপন্ন করে।	(২) ইহারা দ্রাবকে দ্রবীভূত হইয়া কোলয়েড দ্রবণ উৎপন্ন করে।
(৩) ক্রিষ্টালয়েডের দ্রবণ ঝিল্লী-বিশ্লেষণে ঝিল্লীর (membrane) ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যায়।	(৩) কোলয়েডের দ্রবণ ঝিল্লী-বিশ্লেষণে ঝিল্লীর ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যাইতে পারে না।
(৪) এই শ্রেণীর যৌগের আণবিক ওজন সাধারণতঃ খুব বেশী হয় না।	(৪) অধিকাংশ কোলয়েড জাতীয় যৌগের আণবিক ওজন সাধারণতঃ খুব বেশী হয়।
(৫) ক্রিষ্টালয়েডের দ্রবণকে শুষ্ক করিয়া দ্রাবক সংযুক্ত করিলে পুনরায় আদি দ্রবণ পাওয়া যায়।	(৫) কোলয়েডের দ্রবণকে শুষ্ক করিয়া দ্রাবক যুক্ত করিলে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই আদি দ্রবণ পাওয়া যায় না।

*কোলয়েড দ্রবণ ও প্রকৃত দ্রবণের মধ্যে পার্থক্য ঃ

প্রকৃত দ্রবণ	কোলয়েড দ্রবণ
(১) প্রকৃত দ্রবণে অবস্থিত দ্রাবের কণিকাগুলি অতি ক্ষুদ্র আকারের (ব্যাস প্রায় 10^{-8} সে. মি.) অণু বা আয়নরূপে বর্তমান থাকে।	(১) কোলয়েড দ্রবণে বিস্তৃত দ্রাব-কণিকাগুলির আকার অপেক্ষাকৃত বড় (প্রায় 10^{-5} সে. মি. হইতে 10^{-7} সে. মি.) হয়।
(২) প্রকৃত দ্রবণ স্বচ্ছ ও সমসত্ত্ব হয়।	(২) কোলয়েড দ্রবণ অস্বচ্ছ ও অ-সমসত্ত্ব হয়।

প্রকৃত দ্রবণ	কোলয়েড দ্রবণ
(৩) প্রকৃত দ্রবণের দ্রাব-কণিকাগুলি ফিলটার কাগজ, পার্চমেণ্ট কাগজ, জীব-জন্তুর ব্লাডার প্রভৃতির ছিদ্রপথ দিয়া সহজেই বাহির হইয়া যাইতে পারে।	(৩) কোলয়েড দ্রবণের দ্রাব-কণিকাগুলি সাধারণ ফিলটার কাগজের ছিদ্রপথে বাহির হইয়া যাইতে পারে; কিন্তু, পার্চমেণ্ট কাগজ, জীবজন্তুর ব্লাডারের ছিদ্রপথ দিয়া উহারা বাহির হইয়া যাইতে পারে না।
(৪) প্রকৃত দ্রবণের দ্রাব-কণিকাগুলিকে পুঞ্জীভূত করিয়া বা জমাইয়া পৃথক্ করা যায় না।	(৪) তাপপ্রভাবে বা কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য মিশাইলে কোলয়েড দ্রবণের দ্রাব-কণিকাগুলি পুঞ্জীভূত হইয়া থিতাইয়া পড়ে। ইহাকে তঞ্চন (coagulation) বলে।
(৫) প্রকৃত দ্রবণ দ্রাব ও দ্রাবকের বর্ণ অনুযায়ী বর্ণ ধারণ করে।	(৫) কোলয়েড দ্রবণের বর্ণ দ্রাবের কণিকার আকারের উপর নির্ভর করে।
(৬) প্রকৃত দ্রবণের ভিতর দিয়া আলোকরশ্মি চালিত করিলে উহা বিচ্ছুরিত হয় না।	(৬) কোলয়েড দ্রবণের ভিতর দিয়া আলোকরশ্মি বিভিন্ন দিকে বিচ্ছুরিত হয়। ইহাকে **টিনডাল প্রভাব** (Tyndall-effect) বলে।

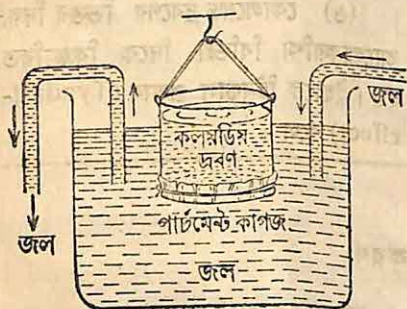
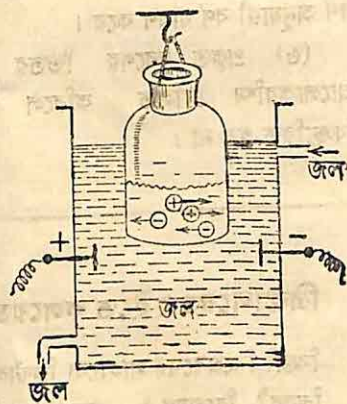
ক্রিষ্টালয়েড হইতে কলয়েড পৃথকীকরণ

ঝিল্লী বিশ্লেষণের সাহায্যে ক্রিষ্টালয়েড হইতে কলয়েডকে পৃথক্ করা যায়।

ঝিল্লী বিশ্লেষণ ঃ কলয়েড-কণিকাসমূহ আকারে প্রকৃত দ্রবণের দ্রাব-কণিকা অপেক্ষা বৃহত্তর হওয়া সত্ত্বেও সাধারণ ফিলটার কাগজের ভিতর দিয়া পরিস্রুত করিবার ফলে উহারা বাহির হইয়া আসে। কিন্তু, পার্চমেণ্ট কাগজ, কলডিয়নের পাতলা চাদর বা প্রাণীজ ও উদ্ভিজ্জ ঝিল্লী বা মেমব্রেনের (membrane) ভিতর দিয়া পরিস্রাবণের সময় কলয়েড-কণিকা বাহির হইয়া যাইতে পারে না। (প্রকৃত দ্রবণের দ্রাব-কণিকা এই সকল ঝিল্লীর ভিতর দিয়া বাহির হইতে পারে।) সুতরাং, পার্চমেণ্ট কাগজ, কলডিয়নের পাতলা চাদর বা জীবজন্তুর ব্লাডার-জাতীয় ঝিল্লীর ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া কলডীয় দ্রবণকে প্রকৃত দ্রবণ হইতে পৃথক্ করা যায়। এইরূপে, **পার্চমেণ্ট কাগজ, কলডিয়ন প্রভৃতি মেমব্রেন বা ঝিল্লীর সাহায্যে পরিস্রুত করিয়া কলয়ডীয় দ্রবণকে ক্রিষ্টালয়েড জাতীয় পদার্থের প্রকৃত দ্রবণ হইতে পৃথক্ করার পদ্ধতিকে ঝিল্লী বিশ্লেষণ বলে।** যে যন্ত্রে এই বিশ্লেষণ কার্য সম্পন্ন করা হয়, তাহাকে ঝিল্লী বিশ্লেষক (dialyser) বলে।

ঝিল্লী বিশ্লেষণের পদ্ধতি ঃ একটি ছোট কাচের বোতলের তলদেশ কাটিয়া ফেলিয়া, ঐ স্থানে একটুকরা পার্চমেণ্ট কাগজ (বা কলডিয়ন-পাত বা সেলোফেন কাগজ, বা প্রাণীর ব্লাডার) শক্ত করিয়া সাবধানে এমনভাবে বাঁধিয়া দেওয়া হয়, যাহাতে জলে ডুবাইয়া রাখিলে ঐ স্থান দিয়া বোতলের ভিতরে জল প্রবেশ না করে। বোতলের মুখের ভিতর দিয়া উহার মধ্যে একটি প্রকৃত দ্রবণ (ধরা যাক, সোডিয়াম নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণ) ও একটি কলয়েড দ্রবণের (ধরা যাক, স্টার্চের দ্রবণ) মিশ্রণকে সাবধানে ঢালিয়া দেওয়া হয়। এক্ষণে, পাতিত জল-পূর্ণ একটি বড় পাত্রে মিশ্রণসহ বোতলটিকে আংশিকভাবে ডুবাইয়া দেওয়া হয়। [কাচের বোতলের পরিবর্তে, একটি পার্চমেণ্ট কাগজ বা সেলোফেন কাগজের থলিতে কোলয়েড দ্রবণ ও প্রকৃত দ্রবণের মিশ্রণকে ভরিয়া ও উহার মুখটি সূতা দ্বারা ভালভাবে বাঁধিয়া উহাকে উপরোক্ত জলপূর্ণ পাত্রে আংশিকভাবে ডুবাইয়া রাখিয়াও এই পরীক্ষাটি করা যায়।] এই অবস্থায় বোতলটিকে অনেকক্ষণ জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয় এবং এই সময়ে বাহির হইতে জল প্রবাহিত

সাধারণ ঝিল্লী-বিশ্লেষণ।

তড়িৎ-ঝিল্লী-বিশ্লেষণ।

করিয়া জল-পাত্রে অবস্থিত জলকে সরাইয়া দেওয়া হয়। [ইহার জন্য জল-পাত্রে আগম-নল ও নির্গম-নল যুক্ত করা থাকে।] জলধারা এইরূপ গতিতে পাত্রে প্রবেশ করানো হয়, যাহাতে পাত্রের ভিতরে জলের উপরিতল অপরিবর্তিত থাকে। উপযুক্ত সময় ব্যাপিয়া এই পরীক্ষাকার্য করা হইলে দেখা যাইবে যে, মিশ্রণের প্রকৃত দ্রবণ ঝিল্লীপথে সম্পূর্ণরূপে বাহির হইয়া আসিয়াছে এবং বোতলের ভিতরে কেবলমাত্র কোলয়েড দ্রবণ বর্তমান রহিয়াছে।

প্রকৃত দ্রবণটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের হইলে, জলপাত্রের বিপরীত দুইগাত্রে দুইটি তড়িৎ-দ্বার স্থাপন করিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালাইলে, প্রকৃত দ্রবণের বহিরাগত পরা ও অপরাধর্মী আয়নগুলি যথাক্রমে ক্যাথোড ও অ্যানোডের দিকে দ্রুত পরিচালিত হইয়া

উহাদের অপসারণ ত্বরান্বিত করে। এই পদ্ধতিকে তড়িৎ-ঝিল্লী-বিশ্লেষণ বা ইলেকট্রো-ডায়ালিসিস (electrodialysis) বলে। বলা বাহুল্য যে, অ-তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের প্রকৃত দ্রবণকে অপসারিত করিতে এই ব্যবস্থায় উন্নততর ফলাফল পাওয়া যায় না ; কারণ, এই সকল পদার্থের দ্রবণে কণিকাগুলি অণুরূপে অবস্থান করে এবং উহারা তড়িৎ-দ্বার দ্বারা আকৃষ্ট হয় না।

[**ঝিল্লী বিশ্লেষণের প্রয়োজনীয়তা :** কলয়েড দ্রবণ ও প্রকৃত দ্রবণের মিশ্রণকে পৃথক্ করিতে এবং কলয়েড দ্রবণকে বিশুদ্ধ করিতে (উহা হইতে তড়িৎ-বিশেষ্য ক্রিস্টালয়েড পদার্থ অপসারিত করিতে) ঝিল্লী-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া কাজে লাগানো হয়। দূষিত বা অকার্যকর কিডনীযুক্ত রোগীর চিকিৎসায় ঝিল্লী বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া আজকাল ব্যাপকরূপে ব্যবহৃত হয়।]

দ্রাব্যতা বা দ্রবণীয়তা : কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 100 গ্রাম কোন দ্রাবকে সর্বাধিক যত গ্রাম দ্রাব দ্রবীভূত হইতে পারে, দ্রাবের ওজনের সেই সংখ্যাটিকেই ঐ তাপমাত্রায় উক্ত দ্রাবকে দ্রাবের দ্রাব্যতা বা দ্রবণীয়তা বলে। অর্থাৎ, কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 100 গ্রাম কোন দ্রাবকে যতগ্রাম দ্রাব দ্রবীভূত হইয়া সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করে, দ্রাবের ওজনের সেই সংখ্যাই ঐ তাপমাত্রায় উক্ত দ্রাবকে দ্রাবটির দ্রাব্যতা বা দ্রবণীয়তা। কোন পদার্থের দ্রাব্যতা প্রকাশ করিতে হইলে দ্রাবকের নাম ও তাপমাত্রার মান উল্লেখ করা অবশ্য প্রয়োজনীয়। উদাহরণস্বরূপ, 30°C তাপমাত্রায় 100 গ্রাম জলে সর্বাধিক 45 গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত হইতে পারে। অতএব, 30°C তাপমাত্রায় জলে পটাশিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা 45। যদি কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 100 গ্রাম দ্রাবকে দ্রাব পদার্থটিকে দ্রবীভূত না করিয়া অন্য কোন ওজনের দ্রাবকে উহাকে দ্রবীভূত করিয়া সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়, তবে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দ্রাবের দ্রাব্যতা

$$= \frac{\text{দ্রাবের ওজন (গ্রামে প্রকাশিত)}}{\text{দ্রাবকের ওজন (গ্রামে প্রকাশিত)}} \times 100.$$

যদি কোন সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রাবকের ওজন জানা না থাকে, কিন্তু উহাতে কত গ্রাম দ্রাব দ্রবীভূত আছে তাহা জানা থাকে, তবে সম্পৃক্ত দ্রবণ ও দ্রাবের ওজনদ্বয় হইতে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দ্রাবটির দ্রাব্যতা গণনা করা যায়। উদাহরণস্বরূপ, যদি t°C তাপমাত্রায় X গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে Y গ্রাম দ্রাবটি দ্রবীভূত থাকে, তবে ঐ তাপমাত্রায় উক্ত দ্রাবকে

$$\text{দ্রাবটির দ্রাব্যতা} = \frac{Y \times 100}{X - Y}.$$

[দ্রাব্যতা নির্ভর করে দ্রাব ও দ্রাবকের প্রকৃতির উপর। একটি দ্রাব কোন একটি দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু অন্য একটি দ্রাবকে হয়তো দ্রবীভূত হয় না। একই দ্রাবকে বিভিন্ন দ্রাবের দ্রাব্যতা বিভিন্ন হয় ; আবার, বিভিন্ন দ্রাবকে একই দ্রাবের দ্রাব্যতা বিভিন্ন হইতে দেখা যায়। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই তাপমাত্রা বৃদ্ধির সহিত দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায় (তরলে গ্যাসের দ্রবণের ক্ষেত্রে ইহার বিপরীত ঘটনা ঘটে)। কঠিন দ্রাবের ক্ষেত্রে

উহার চূর্ণনের সূক্ষ্মতা দ্রবণ-প্রস্তুতি ত্বরান্বিত করে। যান্ত্রিক উপায়ে (বা একটি কাচদণ্ডের দ্বারা আলোড়নও দ্রবণ-প্রস্তুতি ত্বরান্বিত করে। তরল দ্রাবকে কঠিনাকার বা তরল দ্রাবের দ্রবণকালে চাপের কোনরূপ প্রভাব পরিলক্ষিত হয় না ; কিন্তু, তরলে গ্যাসের দ্রবণের ক্ষেত্রে চাপবৃদ্ধি দ্রাব্যতা বর্ধিত করে।]

দ্রাব্যতা-লেখের ব্যবহারিক প্রয়োগ ঃ দ্রাব্যতা-লেখ বহু প্রয়োজনীয় তথ্য সরবরাহ করে। (i) দ্রাব্যতা-লেখ হইতে আমরা সরাসরি জানিতে পারি যে, কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ঐ দ্রাবকে দ্রাবটির দ্রাব্যতার মান কত। পুনরায়, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একই দ্রাবকে বিভিন্ন দ্রাবের দ্রাব্যতার মান কত, তাহাও দ্রাব্যতা-লেখ হইতে সহজেই জানিতে পারা যায়। সুতরাং, এই লেখগুলি হইতে আমরা বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতা (কোন নির্দিষ্ট দ্রাবকে ও নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়) তুলনা করিতে পারি।

(ii) নির্দিষ্ট দ্রাবকে দ্রাবের দ্রাব্যতা তাপমাত্রা পরিবর্তনে কিরূপ হারে পরিবর্তিত হয়, দ্রাব্যতা-লেখ হইতে তাহাও জানিতে পারা যায়।

(iii) এই লেখের সাহায্যে মোটামুটিভাবে গণনা করিয়া বাহির করা যায় যে, কোন উচ্চতর তাপমাত্রায় প্রস্তুত সম্পৃক্ত দ্রবণকে কোন নির্দিষ্ট নিম্নতর তাপমাত্রায় শীতল করিলে কতখানি দ্রাব কঠিনাকারে কেলাসিত বা অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

(iv) দুই বা ততোধিক দ্রাব কোন দ্রবণে অবস্থিত থাকিলে, ঐ দ্রবণ শীতল করার ফলে কোন্ দ্রাব প্রথমে অধঃক্ষিপ্ত হইবে, দ্রাব্যতা-লেখ হইতে তাহাও জানা যায়।

প্রশ্ন ৯। ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র বিবৃত কর। e = F/N সম্পর্কটি প্রতিষ্ঠা কর। (তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পর্কীয় গাণিতিক সমাধান)।

[State Faraday's laws of electrolysis. Deduce e = F/N.
(Some problems on electrolysis.)]

***প্রশ্ন। ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সূত্র দুইটিকে সংযুক্তাকারে প্রকাশ কর। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ব্যবহারিক প্রয়োগ বর্ণনা কর। তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক ও রাসায়নিক তুল্যাংকের পার্থক্য কি ?**

[Express Faraday's two laws of electrolysis in a combined form. What are the utilities of electrolysis. What is the difference between the electrochemical equivalent and chemical equivalent of an element ?)]

উঃ। ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র ঃ

প্রথম সূত্র ঃ দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে তড়িৎ-দ্বারে নির্মুক্ত পদার্থ (বা, আয়নের) ওজনগত পরিমাণ (বা, তড়িৎ-দ্বারে সংঘটিত বিক্রিয়ার পরিমাণ) প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণের সমানুপাতিক হয়।

প্রথম সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ দ্রবীভূত বা বিগলিত কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের ভিতর দিয়া দুইটি তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে যদি মোট Q পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করা হয় এবং ইহার ফলে যে কোন তড়িৎ-দ্বারে নির্মুক্ত পদার্থের ওজন যদি W গ্রাম হয়, তবে ফ্যারাডের প্রথম সূত্র অনুযায়ী, $W \propto Q$; বা, $W = z.Q$, যেখানে z একটি ধ্রুবক। এক্ষণে, কোন তড়িৎ-বর্তনীর ভিতর দিয়া c অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ যদি t সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত করা হয়, তবে প্রবাহিত তড়িতের মোট পরিমাণ, $Q = c \times t$ কুলম্ব। অতএব, ফ্যারাডের প্রথম সূত্র অনুযায়ী, $W = z \times c \times t$. z ধ্রুবকটিতে উৎপন্ন পদার্থের (বা আয়নের) তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক বলা হয়। $W = z \times c \times t$ সমীকরণে, যদি $c = 1$ অ্যাম্পিয়ার এবং $t = 1$ সেকেণ্ড হয়, তবে $c \times t = 1$ কুলম্ব এবং $W = z$. অর্থাৎ, কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া 1 কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহিত করিলে তড়িৎ-দ্বারে কোন পদার্থের (বা আয়নের) যত ওজন (গ্রামে) নির্মুক্ত হয়, তাহাই ঐ পদার্থের (বা আয়নের) তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক। ফ্যারাডের প্রথম সূত্র হইতে স্পষ্টই বুঝিতে পারা যায় যে, একটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া 1 কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহিত করিলে কোন তড়িৎ-দ্বারে একটি মৌলের যদি x গ্রাম নির্মুক্ত হয়, তবে n কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহের ফলে ঐ তড়িৎ-দ্বারে উক্ত পদার্থের $n \times x$ গ্রাম সঞ্চিত হইবে। এই সূত্র হইতে আমরা আরও জানিতে পারি যে, দুইটি বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া যদি একই পরিমাণ (Q কুলম্ব) তড়িৎ প্রবাহিত করা হয় এবং ইহার ফলে দুইটি বিভিন্ন কোষের তড়িৎ-দ্বারে A ও B পদার্থের যদি W_A ও W_B গ্রাম নির্মুক্ত হয়, তবে $W_A = Z_A \times Q$ এবং $W_B = Z_B \times Q$, যেখানে Z_A ও Z_B যথাক্রমে A ও B পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক। এই সম্পর্ককে আমরা নিম্নরূপে লিখিতে পারি ঃ $\frac{W_A}{W_B} = \frac{Z_A}{Z_B}$,

বা, $\frac{\text{তড়িৎ-দ্বারে নির্মুক্ত A-এর ওজন}}{\text{তড়িৎ-দ্বারে নির্মুক্ত B-এর ওজন}} = \frac{\text{A-এর তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক}}{\text{B-এর তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক}}$ ।

দ্বিতীয় সূত্র ঃ দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের ভিতর দিয়া একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করিলে বিভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে নির্মুক্ত পদার্থগুলির (বা, আয়নগুলির) বিভিন্ন পরিমাণ ওজন উহাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাংকের সমানুপাতিক হয়।

দ্বিতীয় সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ একই পরিমাণ (Q কুলম্ব) তড়িৎ প্রবাহের ফলে যদি দুইটি বিভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে A ও B পদার্থের যথাক্রমে W_A গ্রাম ও W_B গ্রাম নির্মুক্ত হয় এবং উহাদের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যদি যথাক্রমে E_A ও E_B হয়, তবে ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী, $W_A \propto E_A$ এবং $W_B \propto E_B$;

বা, $\frac{W_A}{W_B} = \frac{E_A}{E_B}$ । অর্থাৎ, $\frac{\text{নির্মুক্ত A-এর ওজন}}{\text{নির্মুক্ত B-এর ওজন}} = \frac{\text{A-এর রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{B-এর রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}$ ।

উদাহরণস্বরূপ, তিনটি বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সিলভার নাইট্রেট ও কপার সালফেট দ্রবণ লইয়া উহাদের প্রত্যেকের ভিতর দিয়া একই পরিমাণ (ধরা যাক, 96,500 কুলম্ব) তড়িৎ প্রবাহিত করিলে দেখিতে পাওয়া যাইবে যে, প্রথম পাত্রের ক্যাথোডে 1·008 গ্রাম H_2, দ্বিতীয় পাত্রের ক্যাথোডে 107·8 গ্রাম সিলভার ও তৃতীয় পাত্রের ক্যাথোডে 31·77 গ্রাম কপার নির্মুক্ত হইয়াছে। এইস্থলে উল্লেখ্য যে, হাইড্রোজেন, সিলভার ও কপারের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 1·008, 107·8 এবং 31·77.

***ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্রদ্বয়ের সংযুক্তিকরণ ঃ**

ধরা যাক্, একটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রবণের ভিতর দিয়া Q কুলম্ব পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করিলে কোন একটি তড়িৎ-দ্বারে একটি মৌল বা আয়নের W গ্রাম মুক্ত হয়। তড়িৎ-দ্বারে নির্মুক্ত পদার্থটির রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যদি E হয়, তবে ফ্যারাডের প্রথম সূত্র অনুযায়ী, $W \propto Q$, যখন E অপরিবর্তিত থাকে, এবং দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী, $W \propto E$, যখন Q অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং, গণিতের ভেদ-সূত্র (Law of variation) অনুযায়ী, যখন E ও Q উভয়েই পরিবর্তিত হয়, তখন $W \propto Q \times E$; বা, $W \propto c \times t \times E$, (যেখানে c = অ্যাম্পিয়ার এককে প্রবাহিত তড়িতের মাত্রা এবং t = সেকেণ্ড এককে তড়িৎ-প্রবাহ চালনার সময়কাল) ; বা, $W = \frac{1}{F} \cdot c \times t \times E$, যেখানে $\frac{1}{F}$ = সমানুপাতিক ধ্রুবক। এক্ষণে, $c \times t$-এর মান যদি F-এর সমান হয় (অর্থাৎ, প্রবাহিত তড়িতের মান যদি F-এর সমান হয়) তবে $W = E$. সুতরাং, F রাশিটি তড়িতের এমন একটি পরিমাণ, যাহা তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পদার্থ তড়িৎ-দ্বারে মুক্ত হয়। অর্থাৎ, তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে কোন তড়িৎ-দ্বারে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক কোন পদার্থ নির্মুক্ত করিতে হইলে F পরিমাণ তড়িতের প্রয়োজন। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে F-এর মান 96,496 কুলম্ব (বা, মোটামুটি 96,500 কুলম্ব) বা, 26·8 অ্যাম্পিয়ার-ঘণ্টা। এই রাশিটিকে **ফ্যারাডে** বলে এবং ইহা তড়িতের বৃহত্তর একক রূপে ব্যবহৃত হয়। সুতরাং, $W = \frac{c \times t \times E}{96,500} = \frac{Q \times E}{F}$. ইহাই তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্রদ্বয়ের সংযুক্ত রূপ।

[উপরোক্ত সম্পর্কটিকে এইরূপে লেখা যায় ঃ $W = \frac{c \times t \times E}{F} = \frac{c \times t \times A}{n \times F}$, যেখানে A = নির্মুক্ত মৌলের পারমাণবিক ওজন এবং n = ঐ মৌলের নির্মুক্ত আয়নের যোজ্যতা।]

$e = F/N$ সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা :

তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বিতীয় সূত্র হইতে জানা যায় যে, 1 ফ্যারাডে বা 96,500 কুলম্ব (সঠিকভাবে ব্যক্ত করিলে 96,496 কুলম্ব) তড়িৎ চালনা করিলে তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে যে-কোন তড়িৎ-দ্বারে উপযুক্ত পদার্থ 1 গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণে নির্মুক্ত হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের আয়নসমূহই তড়িৎ পরিবহণ করে। অতএব, ইহা সহজেই বুঝিতে পারা যায় যে, 1 গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ নির্মুক্ত পদার্থের আয়নগুলিই 1 ফ্যারাডে তড়িৎ পরিবহণ করে। আমরা জানি যে, কোন মৌলিক পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করিয়া যথাক্রমে উহার অ্যানায়ন বা ক্যাটায়নে পরিণত হয়। ইলেকট্রনের ভর অতি নগণ্য বলিয়া, কোন মৌলের পরমাণুর ভর ও উহার আয়নের ভর অভিন্ন রূপে ধরিয়া লওয়া যায়। আমরা আরও জানি যে, 1 গ্রাম-পরমাণু যে-কোন মৌলে অ্যাভোগাড্রো-সংখ্যার সমান ($6 \cdot 023 \times 10^{23}$ সংখ্যক) উহার পরমাণু বর্তমান থাকে। অতএব, 1 গ্রাম-আয়ন কোন আয়নের সংখ্যাও $6 \cdot 023 \times 10^{23}$। এক্ষণে, কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন = উহার তুল্যাংকভার × যোজ্যতা। অতএব, কোন মৌলের 1 গ্রাম-পরমাণু = উহার গ্রাম-তুল্যাংকভার × যোজ্যতা। সুতরাং, কোন মৌলের 1 গ্রাম-আয়ন = উহার 1 গ্রাম-তুল্যাংক × যোজ্যতা। যেহেতু, 1 গ্রাম-তুল্যাংক আয়ন 1 ফ্যারাডে তড়িৎ পরিবহণ করে, অতএব, 1 গ্রাম-আয়ন ঐ আয়নের দ্বারা পরিবাহিত তড়িতের মাত্রা = ফ্যারাডে × যোজ্যতা। অর্থাৎ, $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ সংখ্যক আয়নের দ্বারা পরিবাহিত তড়িতের মাত্রা = $F \times n$, যেখানে n = মৌলটির যোজ্যতা। অতএব, n-যোজ্যতাসম্পন্ন একটি আয়ন কর্তৃক পরিবাহিত পরিমাণ = $\frac{n.F}{N}$ (যেখানে N = অ্যাভোগাড্রো-সংখ্যা = $6 \cdot 023 \times 10^{23}$)। মৌলের যোজ্যতা একটি পূর্ণ-সংখ্যা হয়। এক-যোজী, দ্বিযোজী, ত্রিযোজী প্রভৃতি মৌলের ক্ষেত্রে n-এর মান যথাক্রমে 1, 2, 3 ইত্যাদি। সুতরাং, একটি এক-যোজী আয়ন কর্তৃক পরিবাহিত তড়িতের পরিমাণ = $\frac{F}{N}$; একটি দ্বিযোজী আয়ন কর্তৃক পরিবাহিত তড়িতের পরিমাণ = $\frac{2F}{N}$; একটি ত্রিযোজী আয়ন কর্তৃক পরিবাহিত তড়িতের পরিমাণ = $\frac{3F}{N}$ ইত্যাদি। সাধারণভাবে বলিতে গেলে বলা যায় যে, একটি আয়ন দ্বারা পরিবাহিত তড়িতের মান, $\frac{F}{N}$ রাশিটির একটি সরল পূর্ণ-সংখ্যার গুণিতক। এই $\frac{F}{N}$ রাশিটিকে তড়িৎমাত্রার একক রূপে গণ্য করা যায়। একটি একযোজী অপরাধর্মী আয়ন কর্তৃক পরিবাহিত তড়িতের পরিমাণ অপরা-তড়িতের একক এবং একটি একযোজী পরাধর্মী আয়ন কর্তৃক পরিবাহিত তড়িতের পরিমাণ পরা-তড়িতের একক। এই এককের মান = $\frac{F}{N} = \frac{96,500 \text{ কুলম্ব}}{6 \cdot 023 \times 10^{23}} = 1 \cdot 6 \times 10^{-19}$ কুলম্ব। বিজ্ঞানী G. J.

Stoney 1876 খৃষ্টাব্দে সর্বপ্রথম এই পরিমাণ তড়িৎকে তড়িতের একক বলিয়া স্বীকার করেন এবং একটি ইলেকট্রনের তড়িৎ-মাত্রার (অপরা তড়িৎ) মানরূপে ইহাকে গণ্য করেন। ∴ একটি ইলেকট্রনের তড়িৎ মাত্রা, $e=\frac{F}{N}$; বা, $F=N\times e$. [সুতরাং, দেখা যাইতেছে যে, 1 ফ্যারাডেতে যত সংখ্যক একক তড়িৎ বর্তমান, 1 মোল পদার্থেও তত সংখ্যক পদার্থটির অণু বর্তমান। সেইজন্য, 1 ফ্যারাডেকে অনেক সময় '1 মোল তড়িৎ' বলা হয়।]

***তড়িৎ-বিশ্লেষণের ব্যবহারিক প্রয়োগ ঃ** বহু প্রয়োজনীয় কার্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া ব্যবহৃত হয়। যথা,

(i) **ধাতু নিষ্কাশন ঃ** সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতু নিষ্কাশিত করিতে উহাদের তড়িৎ-বিশ্লেষ্য যৌগকে গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। ইহাতে উক্ত ধাতুসমূহ ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়।

(ii) **ধাতু পরিশোধন ঃ** নিষ্কাশনের পর অধিকাংশ ধাতুতে কিছু পরিমাণ অশুদ্ধি বর্তমান থাকে। তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে উহাদিগকে পরিশোধিত করিয়া অতি-বিশুদ্ধ ($>99\%$ বিশুদ্ধ) ধাতু প্রস্তুত করা হয়। অবিশুদ্ধ ধাতুর বড় টুকরাকে অ্যানোডরূপে উহার কোন উপযুক্ত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য যৌগের জলীয় (আম্লিক) দ্রবণে স্থাপন করিয়া এবং ক্যাথোডরূপে উক্ত বিশুদ্ধ ধাতুর পাতলা পাত বা তার ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে অ্যানোড হইতে বিশুদ্ধ ধাতুটি ক্যাথোডে গিয়া সঞ্চিত হয় এবং পরে ক্যাথোড হইতে উহাকে সংগ্রহ করা হয়। কপার, অ্যালুমিনিয়াম, লেড প্রভৃতি ধাতুকে এই পদ্ধতিতে পরিশোধিত করা হয়।

(iii) **রাসায়নিক যৌগ প্রস্তুতি ঃ** বহু প্রয়োজনীয় রাসায়নিক যৌগ বা মৌল, যথা ক্লোরিন, কষ্টিক সোডা, কষ্টিক পটাশ, পটাশিয়াম ক্লোরেট, সোডিয়াম কার্বনেট ইত্যাদিকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে শিল্পোৎপাদন করা হয়।

(iv) **তড়িৎ-লেপন ঃ** লোহ, তামা প্রভৃতি ধাতুর নির্মিত বস্তুকে জলবায়ুর প্রকোপ হইতে রক্ষা করিবার জন্য এবং উহাদের চেহারা সুদৃশ্য করিবার জন্য অনেক সময় উহাদের উপরে সিলভার, নিকেল, ক্রোমিয়াম, গোল্ড প্রভৃতি ধাতুর পাতলা প্রলেপ দেওয়া হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে এই কার্য করা হয়। একটি বড় তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রে, যে ধাতুর প্রলেপ দিতে হইবে তাহার লবণের একটি আম্লিক জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে লওয়া হয় এবং ঐ ধাতুর একটি দণ্ড বা পাতকে অ্যানোডরূপে ও পরিষ্কৃত লোহ বা তামার বস্তুকে ক্যাথোডরূপে স্থাপন করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। অল্প সময়ের মধ্যেই অ্যানোড হইতে উক্ত ধাতু ক্যাথোডের বস্তুগুলির উপর মসৃণ ও উজ্জ্বল প্রলেপের আকারে সঞ্চিত হয়।

(v) **মুদ্রাক্ষর ও মূর্তি প্রস্তুতি :** মুদ্রণকার্যে ব্যবহৃত অক্ষর এবং ধাতব মূর্তি প্রস্তুতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া ব্যবহৃত হয়। মোম বা প্লাষ্টার অব্ প্যারিস দ্বারা প্রথমে অক্ষর বা মূর্তির একটি ছাঁচ প্রস্তুত করিয়া, উহাকে তড়িৎ-পরিবাহী করিবার জন্য উহার উপর গ্র্যাফাইট-চূর্ণ ছড়াইয়া দেওয়া হয়। যে ধাতুর অক্ষর বা মূর্তি প্রস্তুত করিতে হইবে, তাহার একটি দণ্ডকে অ্যানোডরূপে এবং গ্র্যাফাইট-আস্তরিত ছাঁচকে ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করিয়া এবং ঐ ধাতুর একটি লবণের দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে লইয়া তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। কিছুক্ষণ তড়িৎ-প্রবাহ চালাইয়া ছাঁচের উপর ধাতুটির একটি পুরু প্রলেপ ফেলা হয় এবং পরে তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিয়া ও ছাঁচটিকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ-পাত্র হইতে বাহির করিয়া উহাকে জলদ্বারা ধৌত করা হয়। এইরূপে বস্তুটির অবিকল ধাতব প্রতিরূপ প্রস্তুত করা হয়। পরে, ছাঁচের মোম বা প্লাষ্টার সরাইয়া দিয়া কোন ধাতু-দ্বারা ঐ প্রতিরূপকে শক্ত করা হয়।

(iv) **তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক ও রাসায়নিক তুল্যাংক নির্ণয় :** কোন ধাতুর লবণের দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ও পূর্বে ওজন-করা প্ল্যাটিনাম-দণ্ড ক্যাথোড রূপে ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে ঐ ধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক ও রাসায়নিক তুল্যাংক নির্ণয় করা যায়।

*তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক ও রাসায়নিক তুল্যাংকের পার্থক্য :

রাসায়নিক বিক্রিয়া-কালে কোন মৌলের ওজনের যতভাগ 1·008 ভাগ ওজন হাইড্রোজেন বা 8 ভাগ ওজন অক্সিজেন বা 35·5 ভাগ ওজন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে, তাহাকেই ঐ মৌলটির রাসায়নিক তুল্যাংক বলা হয়। রাসায়নিক তুল্যাংক একটি সংখ্যা, উহার কোন (ওজনের) একক নাই। পক্ষান্তরে, তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় 1 কুলম্ব তড়িৎ তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে তড়িৎ-দ্বারে কোন মৌল যত গ্রাম নির্মুক্ত হয়, তাহাকে ঐ মৌলটির তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক বলে। সুতরাং, তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংকের একক 'গ্রাম/কুলম্ব'। যথা, সিলভারের রাসায়নিকতুল্যাংক 107·88 এবং উহার তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক 0·000118 গ্রাম/কুলম্ব। ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী, 1 ফ্যারাডে (বা, 96,500 কুলম্ব), তড়িৎ-প্রবাহের ফলে কোন মৌলের 1 গ্রাম-তুল্যাংক তড়িৎ-দ্বারে নির্মুক্ত হয়। অতএব, কোন মৌলের 1 গ্রাম-তুল্যাংক $= 96{,}500 \times$ উহার তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক।

গাণিতিক সমাধান

১। কপার সালফেটের একটি দ্রবণের ভিতর দিয়া 1·0 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 10 মিনিট প্রবাহিত করিলে তড়িৎ-দ্বারে কত গ্রাম কপার সঞ্চিত হইবে? (Cu = 63·6)

[How much copper will be deposited on the cathode, when 1·0 ampere current is passed through a solution of copper sulphate for 10 minutes. (Cu = 63·6)]

উঃ। প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ, $Q = c \times t = 1{\cdot}0 \times 10 \times 60 = 600$ কুলম্ব।

কপার সালফেট যৌগে কপারের তুল্যাংকভার = $\frac{\text{কপারের পারমাণবিক ওজন}}{\text{কপারের যোজ্যতা}}$

$$\frac{63{\cdot}6}{2} = 31{\cdot}8$$

তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বিতীয় সূত্র হইতে আমরা জানি যে, কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া 1 ফ্যারাডে বা 96,500 কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহিত করিলে তড়িৎ-দ্বারে 1 গ্রাম-তুল্যাংক মৌল নির্মুক্ত বা সঞ্চিত হয়। বর্তমান ক্ষেত্রে কপারের 1 গ্রাম-তুল্যাংক = 31·8 গ্রাম।

অতএব, 96,500 কুলম্ব তড়িৎ সঞ্চিত করে 31·8 গ্রাম কপার

∴ 600 কুলম্ব ,, ,, ,, ,, $\frac{31{\cdot}8 \times 600}{96{,}500} = 0{\cdot}1977$ গ্রাম কপার।

সুতরাং, আলোচ্য ক্ষেত্রে ক্যাথোডে 0·1977 গ্রাম কপার সঞ্চিত হইবে।

২। একটি ধাতব তারের ভিতর দিয়া 0·4825 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত হইতেছে। ঐ তারের যে-কোন বিন্দু দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে কতগুলি ইলেকট্রন প্রবাহিত হইতেছে।

[A current of 0·4825 ampere is passed through a metallic wire. What is the number of electrons passing per second through any point on the wire ?]

উঃ। 1 ফ্যারাডে তড়িৎ = 1 মোল বা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক ইলেকট্রনের প্রবাহ।

0·4825 অ্যাম্পিয়ার × 1 সেকেণ্ড = 0·4825 কুলম্ব তড়িৎ = $\frac{0{\cdot}4825}{96{,}500}$ ফ্যারাডে তড়িৎ।

অতএব, পরিবাহী ধাতব তারের প্রতি বিন্দু দিয়া প্রতি সেকেণ্ড প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংখ্যা = $\frac{6{\cdot}023 \times 10^{23} \times 0{\cdot}4825}{96{,}500} = 3{\cdot}0115 \times 10^{18}$

অর্থাৎ, ঐ তারের যে-কোন বিন্দু দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে $3{\cdot}0115 \times 10^{18}$টি ইলেকট্রন প্রবাহিত হইতেছে।

৩। 2·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 12 মিনিট 52 সেকেণ্ড ধরিয়া কপার সালফেট দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিলে ক্যাথোডে 0·635 গ্রাম কপার জমা হয়। কপারের যোজ্যতা নির্ণয় কর। (Cu = 63·54)

[When a current of 2·5 ampere is passed through a solution of copper sulphate for 12 minutes 52 seconds, 0·635 gm. of copper is deposited at the cathode. Find the valency of copper. (Cu = 63·54)

উঃ। বর্তমান ক্ষেত্রে তড়িৎ-প্রবাহের মান $(c) = 2 \cdot 5$ অ্যাম্পিয়ার ; তড়িৎ-প্রবাহের সময় $(t) = 12$ মিনিট 52 সেকেণ্ড = 772 সেকেণ্ড। ∴ প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ, $Q = c \times t = 2 \cdot 5 \times 772$ কুলম্ব = 1930 কুলম্ব।

তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বিতীয় সূত্র হইতে আমরা জানি যে 1 ফ্যারাডে বা 96,500 কুলম্ব তড়িৎ-দ্বারে 1 গ্রাম-তুল্যাংক মৌল উৎপন্ন করে।

প্রদত্ত ক্ষেত্রে, 1930 কুলম্ব তড়িৎ ক্যাথোডে সঞ্চিত করে 0·635 গ্রাম কপার

∴ 96,500 কুলম্ব " " " " $\frac{0 \cdot 635 \times 96{,}500}{1930}$

= 31·75 গ্রাম কপার।

অর্থাৎ, এই ক্ষেত্রে কপারের গ্রাম-তুল্যাংকভার = 31·75 গ্রাম বা উহার তুল্যাংকভার = 31·75.

এইক্ষেত্রে কপারের যোজ্যতা $= \frac{\text{কপারের পারমাণবিক ওজন}}{\text{কপারের তুল্যাংকভার}} = \frac{63 \cdot 54}{31 \cdot 75} = 2.$

৪। 0·75 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ একটি ধাতব লবণের ভিতর দিয়া 45 মিনিট কাল চালনা করার পর দেখা গেল যে ক্যাথোডের ওজন 0·6662 গ্রাম বৃদ্ধি পাইয়াছে। ঐ ধাতুর তুল্যাংক কত ?

[A current of 0·75 ampere is passed for 45 minutes through a solution of metallic salt and the cathode was found to have gained in weight by 0·6662 gm. What is the equivalent weight of the metal ?]

উঃ। তড়িৎ-প্রবাহের মান $(c) = 0 \cdot 75$ অ্যাম্পিয়ার ; তড়িৎ-প্রবাহের সময় $(t) = 45$ মিনিট $= 45 \times 60$ সেকেণ্ড। ∴ প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $(Q) = c \times t = 0 \cdot 75 \times 45 \times 60$ কুলম্ব।

ধরা যাক, ধাতুটির তুল্যাংকভার = E.

তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র হইতে আমরা জানি যে,

96,500 কুলম্ব তড়িৎ মুক্ত করিবে E গ্রাম ধাতু

for 10 minutes. (Cu = 63·6)]

উঃ। প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ, $Q = c \times t = 1 \cdot 0 \times 10 \times 60 = 600$ কুলম্ব।

কপার সালফেট যৌগে কপারের তুল্যাংকভার = $\frac{\text{কপারের পারমাণবিক ওজন}}{\text{কপারের যোজ্যতা}}$

$$\frac{63 \cdot 6}{2} = 31 \cdot 8$$

তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বিতীয় সূত্র হইতে আমরা জানি যে, কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া 1 ফ্যারাডে বা 96,500 কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহিত করিলে তড়িৎ-দ্বারে 1 গ্রাম-তুল্যাংক মৌল নির্মুক্ত বা সঞ্চিত হয়। বর্তমান ক্ষেত্রে কপারের 1 গ্রাম-তুল্যাংক = 31·8 গ্রাম।

অতএব, 96,500 কুলম্ব তড়িৎ সঞ্চিত করে 31·8 গ্রাম কপার

∴ 600 কুলম্ব ,, ,, ,, ,, $\frac{31 \cdot 8 \times 600}{96,500} = 0 \cdot 1977$ গ্রাম কপার।

সুতরাং, আলোচ্য ক্ষেত্রে ক্যাথোডে 0·1977 গ্রাম কপার সঞ্চিত হইবে।

২। একটি ধাতব তারের ভিতর দিয়া 0·4825 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত হইতেছে। ঐ তারের যে-কোন বিন্দু দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে কতগুলি ইলেকট্রন প্রবাহিত হইতেছে।

[A current of 0·4825 ampere is passed through a metallic wire. What is the number of electrons passing per second through any point on the wire ?]

উঃ। 1 ফ্যারাডে তড়িৎ = 1 মোল বা $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ সংখ্যক ইলেকট্রনের প্রবাহ।

0·4825 অ্যাম্পিয়ার × 1 সেকেণ্ড = 0·4825 কুলম্ব তড়িৎ = $\frac{0 \cdot 4825}{96,500}$ ফ্যারাডে তড়িৎ।

অতএব, পরিবাহী ধাতব তারের প্রতি বিন্দু দিয়া প্রতি সেকেণ্ড প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংখ্যা = $\frac{6 \cdot 023 \times 10^{23} \times 0 \cdot 4825}{96,500} = 3 \cdot 0115 \times 10^{18}$

অর্থাৎ, ঐ তারের যে-কোন বিন্দু দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে $3 \cdot 0115 \times 10^{18}$টি ইলেকট্রন প্রবাহিত হইতেছে।

deposited at the cathode. Find the valency of copper. ($Cu = 63 \cdot 54$)

উঃ। বর্তমান ক্ষেত্রে তড়িৎ-প্রবাহের মান $(c) = 2 \cdot 5$ অ্যাম্পিয়ার ; তড়িৎ-প্রবাহের সময় $(t) = 12$ মিনিট 52 সেকেণ্ড $= 772$ সেকেণ্ড। $\therefore$ প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ, $Q = c \times t = 2 \cdot 5 \times 772$ কুলম্ব $= 1930$ কুলম্ব।

তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বিতীয় সূত্র হইতে আমরা জানি যে 1 ফ্যারাডে বা 96,500 কুলম্ব তড়িৎ-দ্বারে 1 গ্রাম-তুল্যাংক মৌল উৎপন্ন করে।

প্রদত্ত ক্ষেত্রে, 1930 কুলম্ব তড়িৎ ক্যাথোডে সঞ্চিত করে 0·635 গ্রাম কপার

$\therefore$ 96,500 কুলম্ব " " " " $\dfrac{0 \cdot 635 \times 96{,}500}{1930}$

$= 31 \cdot 75$ গ্রাম কপার।

অর্থাৎ, এই ক্ষেত্রে কপারের গ্রাম-তুল্যাংকভার $= 31 \cdot 75$ গ্রাম বা উহার তুল্যাংকভার $= 31 \cdot 75$.

$$\text{এইক্ষেত্রে কপারের যোজ্যতা} = \frac{\text{কপারের পারমাণবিক ওজন}}{\text{কপারের তুল্যাংকভার}} = \frac{63 \cdot 54}{31 \cdot 75} = 2.$$

৪। 0·75 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ একটি ধাতব লবণের ভিতর দিয়া 45 মিনিট কাল চালনা করার পর দেখা গেল যে ক্যাথোডের ওজন 0·6662 গ্রাম বৃদ্ধি পাইয়াছে। ঐ ধাতুর তুল্যাংক কত ?

[A current of 0·75 ampere is passed for 45 minutes through a solution of metallic salt and the cathode was found to have gained in weight by 0·6662 gm. What is the equivalent weight of the metal ?]

উঃ। তড়িৎ-প্রবাহের মান $(c) = 0 \cdot 75$ অ্যাম্পিয়ার ; তড়িৎ-প্রবাহের সময় $(t) = 45$ মিনিট $= 45 \times 60$ সেকেণ্ড। $\therefore$ প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $(Q) = c \times t = 0 \cdot 75 \times 45 \times 60$ কুলম্ব।

ধরা যাক, ধাতুটির তুল্যাংকভার = E.

তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র হইতে আমরা জানি যে,

96,500 কুলম্ব তড়িৎ মুক্ত করিবে E গ্রাম ধাতু

$\therefore$ $0{\cdot}75 \times 45 \times 60$ কুলম্ব তড়িৎ মুক্ত করিবে, $\frac{E \times 0{\cdot}75 \times 45 \times 60}{96{,}500}$ গ্রাম ধাতু।

ক্যাথোডের ওজন বৃদ্ধি = সঞ্চিত ধাতুর পরিমাণ।

$$\therefore \quad 0{\cdot}6662 = \frac{E \times 0{\cdot}75 \times 45 \times 60}{96{,}500}\text{ ; বা, } E = \frac{0{\cdot}6662 \times 96{,}500}{0{\cdot}75 \times 45 \times 60}$$

$$= 31{\cdot}74 \text{ গ্রাম।}$$

অর্থাৎ, ধাতুটির গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 31·74 গ্রাম বা, উহার তুল্যাঙ্কভার = 31·74।

৫। কপার সালফেট দ্রবণে 30 মিনিট ধরিয়া 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে 2·9628 গ্রাম কপার মুক্ত হয়। কপারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক নির্ণয় কর।

[On passing 5 ampere current through a copper sulphat solution for 30 minutes, 2·9628 gms. of copper are deposited at the cathode. Find the electrochemical equivalent of copper.]

উঃ। মুক্ত কপারের পরিমাণ (W) = 2·9628 গ্রাম। প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $(Q) = c \times t = 5 \times 30 \times 60$ কুলম্ব।

ধরা যাক, কপারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক = Z.

তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রথম সূত্র হইতে আমরা জানি যে,

$$W = Z \times Q \text{ ; বা, } Z = \frac{W}{Q}$$

$\therefore$ কপারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $(Z) = \frac{W}{Q} = \frac{2{\cdot}9628}{5 \times 30 \times 60}$

$$= 3{\cdot}292 \times 10^{-4} \text{ গ্রাম।}$$

৬। কোন ধাতব লবণের দ্রবণের ভিতর দিয়া 1·2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 15 মিনিট চালনা করিলে তড়িৎ-দ্বারে 0·3605 গ্রাম ধাতু জমা হয়। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন 96 হইলে উহার যোজ্যতা কত?

[1·2 ampere current is passed through a solution of a metallic salt for 15 minutes, when 0·3605 gm. of the metal is deposited at the cathode. The atomic weight of the metal is 96. Find its valency in the salt.]

উঃ। প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $(Q) = c \times t = 1{\cdot}2 \times 15 \times 60 = 1080$ কুলম্ব।

প্রশ্নানুসারে, 1080 কুলম্ব তড়িৎ তড়িৎ-দ্বারে সঞ্চিত করে 0·3605 গ্রাম ধাতু

$\therefore$ 96,500 ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{0{\cdot}3605 \times 96{,}500}{1080}$

$$= 32{\cdot}2 \text{ গ্রাম ধাতু।}$$

আমরা জানি, 96,500 কুলম্ব বা 1 ফ্যারাডে তড়িৎ 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ধাতু নির্মুক্ত করে।

$\therefore$ ধাতুটির গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 32·2 গ্রাম ; বা, উহার তুল্যাংকভার = 32·2

অতএব, লবণে ধাতুটির যোজ্যতা = $\dfrac{\text{ধাতুর পারমাণবিক ওজন}}{\text{ধাতুর তুল্যাংকভার}} = \dfrac{96}{32 \cdot 2} = 3.$

($\because$ যোজ্যতা পূর্ণ-সংখ্যা হইবে।)

সুতরাং, ঐ লবণে ধাতুটির যোজ্যতা = 3.

৭। যে পরিমাণ তড়িৎ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে 4·316 গ্রাম সিলভার উৎপন্ন করে, সেই পরিমাণ তড়িৎ একটি গোল্ড লবণের দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। গোল্ডের পারমাণবিক ওজন 197 এবং উক্ত লবণে ধাতুটির যোজ্যতা 3 হইলে, প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ কত এবং ঐ তড়িতের দ্বারা ক্যাথোডে কতখানি গোল্ড সঞ্চিত হইবে ? (সিলভারের তুল্যাংক = 107·9)

[The same quantity of electricity that liberated 4·316 gms. of silver from silver nitrate solution was passed through a solution of a gold salt. If the atomic weight of gold be 197 and its valency in the above-mentioned salt be 3, calculate the weight of gold deposited at the cathode and the quantity of electricity passed. (Given : Equivalent weight of silver = 107·9.)]

উঃ। গোল্ডের পারমাণবিক ওজন = 197 এবং লবণটিতে উহার যোজ্যতা = 3.

$\therefore$ ঐ লবণে গোল্ডের তুল্যাংকভার $(E_{Au}) = \dfrac{197}{3} = 65 \cdot 6.$

নির্মুক্ত সিলভারের ওজন $(W_{Ag}) = 4 \cdot 316$ গ্রাম ; সিলভারের তুল্যাংকভার $(E_{Ag}) = 107 \cdot 9$

ধরা যাক, নির্মুক্ত গোল্ডের ওজন = W_{Au}.

সুতরাং, ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র হইতে বলা যায়,

$$\frac{W_{Au}}{W_{Ag}} = \frac{E_{Au}}{E_{Ag}}$$

$$\therefore \quad W_{Au} = \frac{W_{Ag} \times E_{Au}}{E_{Ag}} = \frac{4 \cdot 316 \times 65 \cdot 6}{107 \cdot 9} = 2 \cdot 62 \text{ গ্রাম।}$$

অর্থাৎ, ক্যাথোডে সঞ্চিত গোল্ডের পরিমাণ = 2·62 গ্রাম।

গোল্ডের তুল্যাংকভার = 65·6। সুতরাং, 65·6 গ্রাম গোল্ড নির্মুক্ত হয় 96,500 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা।

∴ 2·62 গ্রাম গোল্ড নির্মুক্ত হয়, $\frac{96,500 \times 2·62}{65·6} = 3854·1$ কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা।

অর্থাৎ, প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ = 3854·1 কুলম্ব।

৮। 10 সে.মি. × 10 সে.মি. ক্ষেত্রফল-বিশিষ্ট একটি তলের উপর 10^{-2} সে.মি. পুরু কপারের প্রলেপ দিতে হইলে, তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে কপার সালফেট দ্রবণ ব্যবহার করিয়া কত কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহিত করিতে হইবে? (কপারের ঘনত্ব = 8·94/সি.সি.)

[The density of copper is 8·94 gms./c.c. Find out the number of coulombs needed to plate an area of 10 cm. × 10 cm. to a thickness of 10^{-2} cm., using copper sulphate solution as an electrolyte.]

উঃ। প্রলেপনের কার্যে যে পরিমাণ কপার তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে সঞ্চিত হইবে, তাহার আয়তন = $10 \times 10 \times 10^{-2}$ c.c. = 1 c.c.

∴ ঐ আয়তন কপারের ওজন = $1 \times 8·94 = 8·94$ গ্রাম।

কপার সালফেটে কপারের তুল্যাংকভার = $\frac{63·5}{2} = 31·75$.

তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র অনুযায়ী,

31·75 গ্রাম কপার সঞ্চিত হয় 96,500 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা

∴ 8·94 গ্রাম ,, ,, ,, $\frac{96,500 \times 8·94}{31·75}$

= 27172 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা।

অর্থাৎ, এই প্রলেপন কার্যে 27172 কুলম্ব তড়িৎ কপার সালফেট দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিতে হইবে।

৯। নিম্নলিখিত তথ্যাদির সাহায্যে (i) ফ্যারাডে ও (ii) রৌপ্যের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংকের মান এবং (iii) একটি ইলেকট্রনের বিদ্যুৎভার নির্ণয় কর:

6 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 10 মিনিট ধরিয়া $AgNO_3$ দ্রবণে পরিচালিত করিলে 4·029 গ্রাম Ag পাওয়া যায়। (Ag-এর পারমাণবিক গুরুত্ব = 108)

[Calculate the values of (i) Faraday, (ii) Electro-chemical equivalent of silver and (iii) the charge of an electron from the following data :

A current of 6 ampere is passed through a $AgNO_3$ solution for

10 minutes, when 4·029 gms. of silver is obtained. (Given : the atomic weight of Ag = 108.)]

উঃ। প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ (Q) = $c \times t = 6 \times 10 \times 60$ কুলম্ব
= 3600 কুলম্ব।

সিলভারের তুল্যাংকভার = $\dfrac{\text{সিলভারের পারমাণবিক ওজন}}{\text{সিলভারের যোজ্যতা}} = \dfrac{108}{1} = 108.$

তড়িৎ-বিশ্লেষণের সূত্র হইতে আমরা জানি যে, 1 ফ্যারাডে তড়িৎ কোন পদার্থের এক গ্রাম-তুল্যাংক নির্মুক্ত করে।

প্রশ্নানুসারে 4·029 গ্রাম Ag নির্মুক্ত হয় 3600 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা

∴ 108 গ্রাম Ag ,, ,, $\dfrac{3600 \times 108}{4 \cdot 029} = 96{,}500$ কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা।

∴ ফ্যারাডের মান = 96,500 কুলম্ব।

পুনরায় 3600 কুলম্ব তড়িৎ নির্মুক্ত করে 4·029 গ্রাম Ag

∴ 1 কুলম্ব ,, ,, ,, $\dfrac{4 \cdot 029}{3600} = 0 \cdot 001119$ গ্রাম Ag.

অতএব, সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক = 0·001119 গ্রাম/কুলম্ব।

1 গ্রাম-তুল্যাংক Ag = 1 গ্রাম-আয়ন Ag^+ আয়ন = $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ টি Ag^+ আয়ন। ∴ $6 \cdot 023 \times 10^{23}$ টি Ag^+ আয়ন 96,500 কুলম্ব তড়িৎ পরিবহণ করে।

∴ 1টি Ag^+ আয়ন $\dfrac{96{,}500}{6 \cdot 023 \times 10^{23}} = 1 \cdot 602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব তড়িৎ পরিবহণ করে।

একটি ইলেকট্রন যে পরিমাণ তড়িৎ পরিবহণ করে, তাহা একটি একযোজী ধাতব আয়নের ঐ মানের সমান কিন্তু বিপরীত ধর্মী।

∴ 1টি ইলেকট্রনের বিদ্যুতভারও $1 \cdot 602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব।

১০। একটি কপার সালফেট দ্রবণের ভিতর দিয়া 40 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 6 ঘণ্টা চালাইলে (i) কত ফ্যারাডে তড়িৎ চালনা করা হইল ; (ii) কত চার্জ প্রবাহিত হইল এবং (iii) কত কপার নির্মুক্ত হইল ? (Cu = 63·5 ; 1 ফ্যারাডে = 96,500 কুলম্ব ; ইলেকট্রনের চার্জ = $1 \cdot 602 \times \times 10^{-19}$ কুলম্ব।)

[40 amperes of current are passed through a solution of copper sulphate for 6 hours. (i) How many Faradays of electricity were passed ; (ii) how much charge flowed through the electrolyte and

(iii) how much copper was deposited ? (Cu = 63·5 ; 1 Faraday = 96,500 coulombs ; charge of an electron = $1 \cdot 602 \times 10^{-19}$ coulomb.)]

উঃ (i) প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $(Q) = c \times t = 40 \times 6 \times 60 \times 60$ কুলম্ব

$= 8 \cdot 64 \times 10^5$ কুলম্ব

$= \frac{8 \cdot 64 \times 10^5}{96,500}$ ফ্যারাডে $= 8 \cdot 95$ ফ্যারাডে।

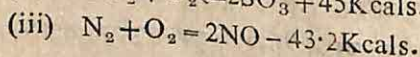
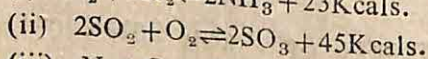
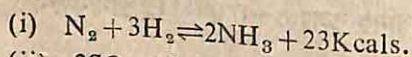
(ii) প্রবাহিত চার্জের সংখ্যা $= \frac{8 \cdot 64 \times 10^5}{1 \cdot 602 \times 10^{-19}} = 5 \cdot 39 \times 10^{24}$

(iii) 1 ফ্যারাডে তড়িৎ মুক্ত করে $\frac{63 \cdot 5}{2} = 31 \cdot 75$ গ্রাম কপার

(∵ $CuSO_4$ যৌগ কপারের যোজ্যতা = 2)।

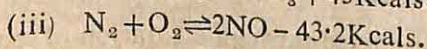
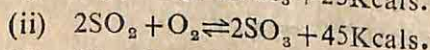
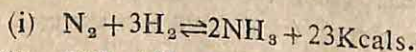
∴ 8·95 ফ্যারাডে তড়িৎ মুক্ত করে $31 \cdot 75 \times 8 \cdot 95 = 284 \cdot 16$ গ্রাম কপার।

✓ প্রশ্ন ১০। (a) "রাসায়নিক সাম্যাবস্থা সর্বদাই গতিশীল।"—বক্তব্যটি বুঝাইয়া বল। (b) লা স্যাটেলিয়রের নীতি বিবৃত কর। এই নীতি অনুসারে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির সাম্যাবস্থা তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাবে কিরূপে পরিবর্তিত হইবে, তাহা আলোচনা কর।

(i) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 23$Kcals.
(ii) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45$Kcals.
(iii) $N_2 + O_2 = 2NO - 43 \cdot 2$Kcals.

(c) সাম্যাবস্থায় অবস্থিত কোন সিস্টেমে অনুঘটক যুক্ত করিবার ফল কি হইবে ?
(d) নিচের সিস্টেমটিতে (i) স্থির আয়তন ও (ii) স্থির চাপে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাস মিশাইলে তাহার ফলাফল কি হইবে ?

$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$.

["Chemical equilibrium is a dynamic equilibrium" – Elucidate.
(b) State Le Chatelier's principle and apply it to the following reactions, indicating how temperature and pressune would affect the equilibrium.

(i) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 23$Kcals.
(ii) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45$Kcals.
(iii) $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO - 43 \cdot 2$Kcals.

(c) What is the effect of a catalyst on a system at equilibrium ?
(d) What is the effect of addition of an inert gas into the

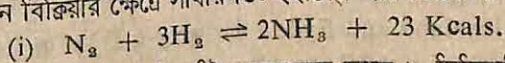
following system under (i) constant volume and (ii) constant pressure : $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$.]

উঃ। (a) **রাসায়নিক সাম্যাবস্থা সর্বদাই গতিশীল—কখনই স্থির নহে :** রাসায়নিক সাম্যাবস্থা সর্বদাই গতিশীল। যদিও আপাতঃদৃষ্টিতে মনে হয় যে, বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া গিয়াছে বা উহা স্থির রহিয়াছে, বাস্তবে তাহা নহে। সাধারণতঃ উভয়মুখী বিক্রিয়া সাম্যবস্থা প্রাপ্ত হয়। এইরূপ বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় উহার সম্মুখবর্তী গতি ও পশ্চাৎবর্তী গতি সমতাপ্রাপ্ত হয় কিন্তু বিক্রিয়াটি ঠিকই চলে, বন্ধ হয় না। একই সময়ে যতখানি বিক্রিয়ক বিক্রিয়া করিয়া উৎপন্ন পদার্থ তৈরী করে, ঠিক ততখানি উৎপন্ন পদার্থ বিক্রিয়া করিয়া পুনরায় উক্ত পরিমাণ বিক্রিয়ক পুনর্গঠিত করে। উভয়মুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার এইরূপ গতিশীলতার জন্য অনেকসময় ইহাকে **গতিশীল সাম্যাবস্থা** (Dynamic equilibrium) নামে আখ্যাত করা হয়। সাম্যাবস্থায়ও যে বিক্রিয়াটি গতিশীল রহিয়াছে তাহা সহজেই প্রমাণ করা যায়। বিক্রিয়ার এইরূপ সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া-মাধ্যম হইতে যদি কোন উপায়ে কিছুটা পরিমাণ কোন উৎপন্ন পদার্থ সরাইয়া লওয়া যায়, তবে দেখা যাইবে যে, সঙ্গে সঙ্গে আরও কিছুটা পরিমাণ বিক্রিয়ক ক্রিয়ান্বিত হইয়া উৎপন্ন পদার্থ সৃষ্টি করিতেছে (অর্থাৎ, সম্মুখগামী বিক্রিয়া হইতেছে) এবং পুনরায় নতুন একটি সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হইয়াছে। তেমনি, বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় বাহির হইতে কিছুটা পরিমাণ উৎপন্ন পদার্থ বিক্রিয়া-মাধ্যমে যুক্ত করিলে দেখা যাইবে যে, সঙ্গে সঙ্গে পশ্চাৎগামী বিক্রিয়াটি সচল হইয়া কিছুটা পরিমাণ মূল বিক্রিয়ক সৃষ্টি করিতেছে এবং নতুন একটি সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হইয়াছে। এইরূপ সকল পরিবর্তনই ভর-ক্রিয়া সূত্রের বিধান অনুযায়ী সংঘটিত হয়। সুতরাং, রাসায়নিক সাম্যাবস্থা সর্বদাই গতিশীল,—কখনই উহা স্থির নহে।

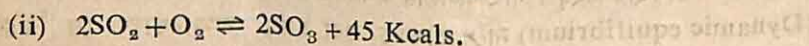
(b) লা স্যাটেলিয়রের নীতি :

কোন রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর যদি কোন বিঘ্ন ঘটানো হয়, অর্থাৎ, ঐ বিক্রিয়া সংঘটনের শর্তাবলীর কোন একটির যদি পরিবর্তন সাধিত হয়, তবে সেইরূপ অভিমুখেই বিক্রিয়ার সাম্যের সরণ (displacement) ঘটিবে, যাহাতে ঐ পরিবর্তন যথাসম্ভব প্রশমিত হইতে পারে।

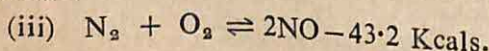
[সাধারণতঃ বিক্রিয়ার তাপমাত্রা, চাপ ও সংশ্লিষ্ট পদার্থসমূহের গাঢ়ত্ব বিক্রিয়ার বেগ বা গতি নির্ধারণ করে। এইগুলিই বিক্রিয়াটি সংঘটনের শর্ত। এইগুলির এক বা একাধিকের পরিবর্তনকেই 'বিঘ্ন' (stress) বলা হয়। সাম্যাবস্থায় উপনীত যে-কোন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাধারণতঃ ইহাদের পরিবর্তনে সাম্যাবস্থার পরিবর্তন হয়।]

(i) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 23$ Kcals.

এই উভমুখী বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় আছে। বিক্রিয়াটির সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে, সম্মুখগামী বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদক বিক্রিয়া এবং ইহাতে সিস্টেমের আয়তন হ্রাস

পায়। (4 আয়তন উপাদান পদার্থ হইতে সমান চাপ ও তাপমাত্রায় 2 আয়তন উৎপন্ন পদার্থ গঠিত হয়।) সুতরাং, লা স্যাটেলিয়রের নীতি অনুযায়ী, এই বিক্রিয়ায় চাপ বর্ধিত করিলে উৎপন্ন NH_3-এর পরিমাণ বাড়িবে (ও চাপ কমাইলে উহার পরিমাণ কমিবে) এবং তাপমাত্রা কমাইলে NH_3-এর পরিমাণ বাড়িবে (ও তাপমাত্রা বাড়াইলে উহার পরিমাণ কমিবে)। বস্তুতঃ, হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনে এই বিক্রিয়াটি ব্যবহার করা হয়। এই পদ্ধতিতে 200—300 বায়ুচাপে বিক্রিয়াটি ঘটানো হয় ; কিন্তু খুব নিম্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার গতি অত্যন্ত মন্থর হইয়া সাম্যাবস্থায় পৌঁছিতে দেরী হয় বলিয়া অনুঘটকের বর্তমানে 550°C কার্য্যকরী তাপমাত্রায় (optimum temperature) এই বিক্রিয়া ঘটানো হয়। উপযুক্ত অনুঘটকের বর্তমানে উপরোক্ত চাপ ও তাপমাত্রায় প্রায় 10—12% (আয়তনে) NH_3 উৎপন্ন হয়।

(ii) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45$ Kcals.

এই উভমুখী বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় আছে। ইহার সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে, সম্মুখগামী বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদক বিক্রিয়া এবং ইহাতে সিস্টেমের আয়তন হ্রাস পায়। (3 আয়তন উপাদান পদার্থ হইতে সমান চাপ ও তাপমাত্রায় 2 আয়তন উৎপন্ন পদার্থ গঠিত হয়।) সুতরাং, লা স্যাটেলিয়রের নীতি অনুযায়ী, এই বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা কমাইলে ও চাপ বাড়াইলে অধিকতর পরিমাণে SO_3 উৎপন্ন হইবে এবং বিপরীত প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন SO_3-এর পরিমাণ কমিবে।

স্পর্শ পদ্ধতিতে (contact process) এই বিক্রিয়াটি কাজে লাগাইয়া SO_3-এর (এবং উহা হইতে H_2SO_4-এর) শিল্পোৎপাদন করা হয়। এই পদ্ধতিতে তাপমাত্রা অতি-নিম্নে রাখিলে সম্মুখগামী বিক্রিয়ার গতি অত্যন্ত মন্থর হইয়া সাম্যাবস্থায় পৌঁছিতে অনেক সময় লাগে। সেই জন্য উপযুক্ত অনুঘটক (প্ল্যাটিনাইজড্ অ্যাসবেস্টস বা ভ্যানাডিয়াম পেন্টক্সাইড) ব্যবহার করিয়া 450°C কার্য্যকরী তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটি ঘটানো হয়। যদিও উচ্চতর চাপে অধিকতর পরিমাণে SO_3 গঠিত হইবার কথা, তৎসত্ত্বেও এই পদ্ধতিতে বায়ুমণ্ডলীয় চাপেই বিক্রিয়াটি ঘটানো হয় ; কারণ, 450°C তাপমাত্রায় উপরোক্ত অনুঘটকের বর্তমানে বায়ুমণ্ডলীয় চাপেই উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ প্রায় 98%।

(iii) $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO - 43{\cdot}2$ Kcals.

বিক্রিয়াটি তাপশোষক এবং ইহাতে উপাদান ও উৎপন্ন পদার্থের আয়তন (সমান চাপ ও তাপমাত্রায়) অভিন্ন। সুতরাং, এই বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপর প্রযুক্ত চাপের কোন প্রভাব নাই। কিন্তু, উচ্চতর তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটি অধিকতর সম্মুখগামী হইয়া উৎপন্ন পদার্থের (NO) পরিমাণ বৃদ্ধি করিবে।

বার্কল্যাণ্ড ও আইডের (Birkeland and Eyde) পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনের জন্য বায়ুর অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন হইতে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতিতে এই বিক্রিয়াটি ব্যবহৃত হইত। প্রায় 3000°C তাপমাত্রায় তড়িৎ-আর্কের (electric

arc) ভিতর দিয়া N_2 ও O_2-এর মিশ্রণ পাঠাইলে প্রায় 5% নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

(c) বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপর অনুঘটকের প্রভাব ঃ

কোন সিস্টেমে উপযুক্ত অনুঘটক যুক্ত করিলে উহা কেবল বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত করে,— ইহা বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার পরিবর্তন করিতে পারে না। অর্থাৎ, বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপর অনুঘটকের কোন প্রভাব নাই। ইহা কেবল বিক্রিয়াটিকে সাম্যাবস্থায় তাড়াতাড়ি পৌঁছাইয়া দেয়। কাজেই, অনুঘটক ব্যবহারে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণের কোনরূপ তারতম্য হয় না।

সাম্যাবস্থায় সিস্টেমে নিষ্ক্রিয় গ্যাস যুক্ত করার ফলাফল ঃ

কোন গ্যাসীয় বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় সিস্টেমে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাস (যে গ্যাস সিস্টেমের কোন পদার্থের সহিত ক্রিয়ান্বিত হয় না) মিশাইলে অবস্থাভেদে দুইটি পৃথক ফলাফল পাওয়া যায়।

সাম্যাবস্থায় সিস্টেমে নিষ্ক্রিয় গ্যাস দুই ভাবে যুক্ত করা যায় ; যথা, (i) সিস্টেমের স্থির চাপে ; অর্থাৎ, সিস্টেমের চাপ পরিবর্তিত না করিয়া (ইহাতে সিস্টেমের আয়তন অবশ্যই পরিবর্তিত হইবে) এবং (ii) সিস্টেমের স্থির আয়তনে ; অর্থাৎ, সিস্টেমের মোট আয়তন পরিবর্তিত না করিয়া (ইহাতে সিস্টেমের চাপ অবশ্যই পরিবর্তিত হইবে)।

স্থির চাপে নিষ্ক্রিয় গ্যাস যুক্ত করিলে, সিস্টেমের আয়তন বাড়িবে এবং ইহার ফলে সিস্টেমের বিভিন্ন গ্যাসীয় উপাদানের আংশিক চাপ কমিবে। সুতরাং, এইরূপ অবস্থায়, যে সকল ক্ষেত্রে K_p চাপের প্রভাবাধীন, তাহাদের সাম্যাবস্থার সরণ ঘটিবে। এই ক্ষেত্রে তিনটি অবস্থার উদ্ভব হইতে পারে ঃ

(i) যে সকল বিক্রিয়ার উপাদান ও উৎপন্ন পদার্থের মোলের সংখ্যা সমান, সেই সকল ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থার উপর চাপের কোন প্রভাব নাই ; সুতরাং, এইরূপ সিস্টেমে নিষ্ক্রিয় গ্যাস মিশাইলে সাম্যাবস্থার কোনরূপ পরিবর্তন ঘটিবে না।

(ii) যে সকল বিক্রিয়ার উৎপন্ন পদার্থের মোলের সংখ্যা উপাদান পদার্থের মোলের সংখ্যা অপেক্ষা বেশী, সেই সকল ক্ষেত্রে নিষ্ক্রিয় গ্যাস মিশাইলে সাম্যাবস্থার সরণ বামদিকে ঘটিবে, অর্থাৎ, কম পরিমাণ উৎপন্ন পদার্থ গঠিত হইবে।

(iii) যে সকল বিক্রিয়ায় উপাদান পদার্থের মোলের সংখ্যা উৎপন্ন পদার্থের মোলের সংখ্যা অপেক্ষা বেশী, সেই সকল ক্ষেত্রে নিষ্ক্রিয় গ্যাস মিশাইলে সাম্যাবস্থার সরণ ডান দিকে ঘটিবে, অর্থাৎ, বেশী পরিমাণ উৎপন্ন পদার্থ গঠিত হইবে।

স্থির আয়তনে নিষ্ক্রিয় গ্যাস যুক্ত করিলে উপাদান ও উৎপন্ন পদার্থের আংশিক চাপ অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং, এই অবস্থায় সিস্টেমে নিষ্ক্রিয় গ্যাস যুক্ত করিলে উহার সাম্যাবস্থার কোনরূপ পরিবর্তন হয় না।

(d) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ সিস্টেমে (a) স্থির আয়তনে ও (b) স্থির চাপে নিষ্ক্রিয় গ্যাস মিশাইবার ফলাফল ঃ

স্থির আয়তনে এই সিস্টেমে নিষ্ক্রিয় গ্যাস মিশাইলে উহার সাম্যাবস্থার কোনরূপ পরিবর্তন ঘটিবে না, অর্থাৎ, উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণের কোনরূপ তারতম্য হইবে না।

স্থির চাপে এই সিস্টেমে নিষ্ক্রিয় গ্যাস মিশাইলে সাম্যাবস্থার সরণ বামদিকে ঘটিবে। অর্থাৎ, কম পরিমাণ PCl_3 ও Cl_2 উৎপন্ন হইবে, বা PCl_5-এর বিয়োজন মন্দীভূত হইবে।

***প্রশ্ন উভমুখী বিক্রিয়া কাহাকে বলে? সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াই কি উভমুখী? উভমুখী নয় এমন একটি বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।**

[What is a reversible reaction? Give example. Are all chemical reactions reversible? Give an example of a non-reversible reaction.]

উঃ। কোন পদার্থের বিযোজনে বা একাধিক পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে যে সকল বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থ উৎপন্ন হয়, তাহারা যদি সক্রিয় হইয়া পুনরায় মূল পদার্থ (বা পদার্থগুলি) পুনর্গঠন করে, তবে এইরূপ যুগপৎ সম্মুখগামী ও পশ্চাৎগামী রাসায়নিক বিক্রিয়াকে উভমুখী বিক্রিয়া বলে। উভমুখী বিক্রিয়া অধিকাংশ ক্ষেত্রেই সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হয়,—সম্পূর্ণতা লাভ করে না। তাপ-প্রয়োগে NH_4Cl বিযোজিত হইয়া NH_3 ও HCl উৎপন্ন করে; কিন্তু NH_3 ও HCl উপযুক্ত অবস্থায় বিক্রিয়া করিয়া NH_4Cl পুনর্গঠিত করে ঃ $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$. সুতরাং, এই বিক্রিয়াটি উভমুখী বিক্রিয়া। অনুরূপভাবে, N_2 ও H_2 200 বায়ু-চাপে ও 550°C তাপমাত্রায় অনুঘটকের উপস্থিতিতে NH_3 উৎপন্ন করে। পুনরায়, NH_3 বিযোজিত হইয়া N_2 ও H_2 উৎপন্ন করে ঃ $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$। এই বিক্রিয়াটিও উভমুখী বিক্রিয়া। তত্ত্বের দিক দিয়া বিচার করিলে প্রায় সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী। কিন্তু, কতকগুলি বিক্রিয়া এতখানি সম্পূর্ণতা লাভ করে যে, সাধারণতঃ উহাদিগকে উভমুখী বিক্রিয়ায় শ্রেণীভুক্ত না করিলেও চলে। এইরূপ একটি বিক্রিয়া হইল, উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে কপার অক্সাইডের ধাতব কপার রূপে বিজারণ ঃ $CuO + H_2 = Cu + H_2O$। নির্ধারিত অবস্থায় এই বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণতা লাভ করে বলিলেই চলে। কাজেই, ইহাকে সাধারণতঃ উভমুখী বিক্রিয়ারূপে গণ্য করা হয় না।

✓ *প্রশ্ন ভর-ক্রিয়া সূত্র বিবৃত কর। 'সক্রিয় ভর' বলিতে কি বুঝায়? ভর-সূত্র ধ্রুবক (সাম্য-ধ্রুবক) কাহাকে বলে?

[State the law of mass action. What is meant by the term 'active mass'? What is 'equilibrium constant'?]

উঃ। **ভর-ক্রিয়া সূত্র** ঃ কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়, সমসত্ত্বিবিশিষ্ট যে-কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগের হার বিক্রিয়কগুলির সক্রিয় ভরসমূহের সমানুপাতিক হয়।

রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের (সক্রিয়) ভরের উপর নির্ভরশীল। এই সূত্রটি সেই সত্যই ব্যক্ত করে বলিয়া ইহাকে ভর-ক্রিয়া সূত্র বলা হয়।

সক্রিয় ভর ঃ লঘু দ্রবণে অনুষ্ঠিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের সক্রিয় ভর বলিতে সাধারণতঃ উহার আণবিক মাত্রা (molar concentration) বা প্রতি লিটারে গ্রাম-অণুর সংখ্যা (gm-moles per litre) বুঝায়। গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, বিক্রিয়ক গ্যাস-সমূহের অংশপ্রেষ বা আংশিক চাপকে উহাদের সক্রিয় ভররূপে গণ্য করা হয়। দ্রবণে বিক্রিয়কের মাত্রা উহাকে তৃতীয় বন্ধনীর মধ্যে রাখিয়া প্রকাশ করা হয়। যথা, [A]-এর অর্থ হইল A-নামক বিক্রিয়কের গাঢ়ত্ব বা মাত্রা (বা সক্রিয় ভর)। গ্যাসীয় বিক্রিয়কের ক্ষেত্রে P_A-এর অর্থ A-নামক গ্যাসের আংশিক চাপ বা উহার মাত্রা (বা সক্রিয় ভর)।

ভর-সূত্র ধ্রুবক বা সাম্য-ধ্রুবক ঃ রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায়, উৎপন্ন পদার্থ-সমূহের মাত্রার গুণফল (প্রতিটি উৎপন্ন পদার্থের মাত্রাকে উহার অণুর সংখ্যার ঘাতে উন্নীত করিয়া) এবং বিক্রিয়ক পদার্থসমূহের মাত্রার গুণফলের (প্রতিটি বিক্রিয়ক পদার্থের মাত্রাকে উহার অণুর সংখ্যার ঘাতে উন্নীত করিয়া) অনুপাত একটি স্থির রাশি হয়। এই স্থির রাশিকে ভর-ক্রিয়া ধ্রুবক বা সাম্য-ধ্রুবক বলা হয়। দ্রবণে অনুষ্ঠিত বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন পদার্থসমূহের গাঢ়ত্ব আণব মাত্রায় প্রকাশ করা হয়। এই ক্ষেত্রে ভর-ক্রিয়া ধ্রুবকে K_c অক্ষর দ্বারা সূচিত করা হয়। পক্ষান্তরে, গ্যাসীয় বিক্রিয়ায় গাঢ়ত্ব প্রকাশ করা হয় বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন গ্যাস-সমূহের আংশিক চাপের দ্বারা। এই ক্ষেত্রে ভর-ক্রিয়া ধ্রুবককে K_p অক্ষর দ্বারা সূচিত হয়। উদাহরণ-স্বরূপ, $A+B \rightleftharpoons C+D$ বিক্রিয়াটির (দ্রবণে অনুষ্ঠিত) ভর-ক্রিয়া ধ্রুবক,

$K_c = = \frac{[C][D]}{[A][B]}$, এই বিক্রিয়াটি গ্যাসীয় অবস্থায় সংঘটিত হইলে, ইহার ভর-ক্রিয়া

ধ্রুবক, $K_p = \frac{PC \cdot P_D}{P_A \cdot P_B}$.

কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় উহার ভর-ক্রিয়া ধ্রুবক বা সাম্য-ধ্রুবকের মানের উপর ঐ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ নির্ভর করে। এই ধ্রুবকের মান বেশী হইলে অধিক পরিমাণে উৎপন্ন পদার্থ পাওয়া যায় এবং উহার মান কম হইলে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণও কম হয়।

২

অজৈব রসায়ন
(Inorganic Chemistry)

প্রশ্ন ১। (a) 'বহুরূপতা' বলিতে কি বুঝ ? হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ফসফরাস ও কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদের নাম লিখ।

(b) কিভাবে দেখাইবে যে, অঙ্গার, কোক এবং গ্র্যাফাইট একই মৌলের বিভিন্ন রূপভেদ।

(c) কিরূপে পরিবর্তন করিবে—(i) সাদা বা হলুদ ফসফরাস হইতে লাল ফসফরাস ও বিপরীত পরিবর্তন। (ii) CO হইতে CO_2 ও বিপরীত পরিবর্তন।

[(a) What is allotropy ? Name the different allotropes of hydrogen, oxygen, phosphorus and carbon. (b) How would you indicate that charcoal, coke and graphite are the allotropic modifications of the same element ? (c) How would you convert : (i) White/ yellow phosphorus to red phosphorus and vice-versa ; (ii) CO to CO_2 and vice-verse ?]

উঃ। (a) যে ধর্মের জন্য কোন মৌলিক পদার্থ বিভিন্নরূপে বর্তমান থাকিয়া নিজেদের অধিকাংশ ভৌত ধর্ম ও কতকগুলি রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য প্রদর্শন করে, তাহাকে বহুরূপতা (allotropy) বলে। একই মৌলিক পদার্থের এই প্রকার বিভিন্ন রূপকে উহার রূপভেদ (allotropes or allotropic modifications) বলা হয়। কোন মৌলের প্রস্তুতি-পদ্ধতির তারতম্য হেতু মৌলের অণুতে উহাদের পরমাণুর বিভিন্ন প্রকারের সমাবেশ (arrangement), তথা বিভিন্ন আণবিক আকৃতির উদ্ভব এবং উহাদের অন্তর্নিহিত বিভিন্ন পরিমাণ শক্তির (internal energy) পার্থক্যের জন্যই বহুরূপতার সৃষ্টি হয়। অক্সিজেন, কার্বন, ফসফরাস ও সালফার বহুরূপতা প্রদর্শন করে। উহাদের রূপভেদগুলির নাম নিম্নে উল্লিখিত হইল ঃ

মৌল	রূপভেদ
হাইড্রোজেন	অর্থো ও প্যারা হাইড্রোজেন
অক্সিজেন	অক্সিজেন ও ওজোন
কার্বন	**নিয়তাকার ঃ** হীরক ও গ্র্যাফাইট ; **অনিয়তাকার ঃ** অঙ্গার, ভূসা-কালি, গ্যাস-কার্বন, কোক।
ফসফরাস	হলুদ (বা শ্বেত) ফসফরাস, লাল ফসফরাস, বেগুনী ফসফরাস, ঘন-লাল (scarlet) ফসফরাস।
সালফার	**নিয়তাকার ঃ** রম্বিক সালফার, মনোক্লিনিক সালফার। **অনিয়তাকার ঃ** প্লাষ্টিক সালফার, কলয়ডীয় সালফার, মিল্ক অব্ সালফার।

(b) বিশুদ্ধ কোক, বিশুদ্ধ গ্র্যাফাইট ও বিশুদ্ধ অঙ্গারের (শর্করা-অঙ্গার) সমপরিমাণ সঠিকভাবে ওজন করিয়া লইয়া উহাদের প্রত্যেকটিকে পৃথক পৃথক ভাবে সম্পূর্ণরূপে দগ্ধ করিলে উৎপন্ন পদার্থরূপে কেবলমাত্র কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠিত হয় ; অন্য কোন পদার্থ উৎপন্ন হয় না। উপরোক্ত প্রতিটি ক্ষেত্রে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়, তাহাদের পরিমাণও (ওজন এবং সমান চাপ ও তাপমাত্রায় আয়তন) সমান। সুতরাং, দেখা যাইতেছে যে, কোক, গ্র্যাফাইট ও অঙ্গারে কার্বন মৌল ব্যতীত অন্য কোন মৌল বর্তমান নাই। সুতরাং, উহারা মূলতঃ একই মৌলিক পদার্থ বা উহারা প্রত্যেকেই কার্বন মৌলের এক একটি রূপভেদ।

(c) (i) **শ্বেত ফসফরাস ও লাল ফসফরাসের পারস্পরিক পরিবর্তন :** একটি ঢালাই-লোহার বায়ু-নিরুদ্ধ পাত্রকে বায়ুশূন্য করিয়া উহাকে কার্বন ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হয়। ইহার মধ্যে শ্বেত ফসফরাস লইয়া সামান্য পরিমাণ আয়োডিনের (অনুঘটক) উপস্থিতিতে উহাকে 250°C তাপমাত্রায় কয়েক ঘণ্টা উত্তপ্ত করিলে উহা লাল ফসফরাসে পরিবর্তিত হয়। উৎপন্ন পদার্থকে ঘন কষ্টিক সোডা দ্রবণের সহিত আলোড়িত করিয়া পরিস্রাবণ করা হয় এবং পরে জলদ্বারা ধুইয়া বায়ুতে শুষ্ক করা হয়। (ইহাতে উৎপন্ন পদার্থে বর্তমান অবিকৃত শ্বেত ফসফরাস দূরীভূত হয়।) পক্ষান্তরে, লাল ফসফরাসকে বায়ুশূন্য (বা CO_2 বা N_2-পূর্ণ) পাত্রে 550° – 600°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া বাষ্পীভূত করা হয়। উৎপন্ন বাষ্পকে তাড়াতাড়ি জলের নীচে প্রবাহিত করিলে ফসফরাস-বাষ্প কঠিনাকার ধারণ করিয়া শ্বেত ফসফরাসরূপে জলের নীচে সঞ্চিত হয়।

(ii) **কার্বন মনক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের পারস্পরিক পরিবর্তন :** কার্বন মনক্সাইডকে বায়ু বা অক্সিজেনে দহন করিলে, কিংবা অতি-উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইড বা ফেরিক অক্সাইডের উপর দিয়া শুষ্ক কার্বন মনক্সাইড গ্যাসের প্রবাহ চালনা করিলে কার্বন মনক্সাইড জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় : $2CO + O_2 = 2CO_2$; $CuO + CO = Cu + CO_2 \uparrow$; $Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2 \uparrow$.

একটি লৌহ-নলে রক্ষিত লাল-তপ্ত কাঠ-কয়লার উপর দিয়া শুষ্ক কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ধীরে ধীরে প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে অধিকাংশ কার্বন ডাই-অক্সাইড তপ্ত কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া কার্বন মনক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন কার্বন মনক্সাইড ও অপরিবর্তিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ লৌহ-নলের অপর প্রান্ত দিয়া বাহির হইয়া আসে। এই গ্যাস-মিশ্রণকে ঘন কষ্টিক পটাশ দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে ক্ষার-দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হয়। নির্গত কার্বন মনক্সাইড গ্যাসকে গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

*প্রশ্ন। কার্বন মনক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিভিন্ন ধর্মের তুলনা কর।
[Compare the important properties of carbon monoxide and carbon dioxide.]

উত্তর। কার্বন মনক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের তুলনা ঃ

কার্বন মনক্সাইড	কার্বন ডাই-অক্সাইড
(১) বর্ণহীন, বিষাক্ত গ্যাস। জলে অল্প দ্রবণীয়। ইহা দাহ্য গ্যাস। বায়ু বা অক্সিজেনে নীল শিখায় জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে।	(১) বর্ণহীন গ্যাস। বিষাক্ত নহে, তবে ইহাতে শ্বাসগ্রহণ সম্ভব নয়। জলে বেশ দ্রবণীয়। ইহা দাহ্য বা দহনের সহায়ক নহে। কিন্তু, জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম ইহাতে জ্বলিতে থাকে।
(২) প্রশম অক্সাইড। সাধারণ অবস্থায় ক্ষার-দ্রবণে শোষিত হয় না। কিন্তু, উচ্চ চাপে ও তাপমাত্রায় ক্ষার-দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফরমেট লবণ উৎপন্ন করে।	(২) আম্লিক অক্সাইড। ক্ষার-দ্রবণে শোষিত হয় এবং উহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট লবণ প্রস্তুত করে।
(৩) চুন-জলের সহিত কোন বিক্রিয়া হয় না।	(৩) স্বচ্ছ চুন-জলকে ঘোলা করে। অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় এই ঘোলা চুন-জল পুনরায় স্বচ্ছ হয়।
(৪) উচ্চ তাপমাত্রায় শক্তিশালী বিজারকরূপে অনেক ধাতব অক্সাইডকে ধাতুতে পরিণত করে।	(৪) উচ্চ তাপমাত্রায় জারকরূপে উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামকে উহার অক্সাইডে জারিত করে।
(৫) অসম্পৃক্ত যৌগ বলিয়া $COCl_2$, COS প্রভৃতি যুত-যৌগ গঠন করে।	(৫) সম্পৃক্ত যৌগ বলিয়া কোন যুত-যৌগ গঠন করে না।
(৬) অ্যামোনিয়াকৃত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ কর্তৃক শোষিত হয়।	(৬) কষ্টিক ক্ষার-দ্রবণ কর্তৃক শোষিত হয়।
(৭) জ্বালানী গ্যাস রূপে ব্যবহৃত হয়।	(৭) জ্বালানী গ্যাস রূপে ব্যবহার নাই।

প্রশ্ন ২। (*a*) (i) পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন অপেক্ষা বায়ু হইতে পৃথক করা নাইট্রোজেন বেশী ভারী কেন?

(ii) অক্সিজেন হইতে ওজোন প্রস্তুতিতে নিঃশব্দ তড়িৎ-মোক্ষণ প্রয়োজন হয় কেন? বায়ুমণ্ডলে কিরূপে ওজোন উৎপন্ন হয়?

(iii) আয়ন-মুক্ত জল ও মৃদু জলের পার্থক্য কি?

(b) পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতিতে লঘু ও শীতল সালফিউরিক

অ্যাসিডে সোদক বেরিয়াম পারক্সাইড মিশানো হয় কেন? হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বিযোজন প্রক্রিয়ায় দুইটি ধনাত্মক ও দুইটি ঋণাত্মক অনুঘটকের নাম লিখ।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দুইটি করিয়া জারক ধর্ম ও বিজারক ধর্মের উদাহরণ দাও।

"20-আয়তন হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণ" বলিতে কি বুঝায়? এই দ্রবণের 100 ml. আয়তনে কত গ্রাম H_2O_2 বর্তমান থাকিবে?

[(*a*) (i) Why atmospheric nitrogen is heavier than pure sample of nitrogen obtained in the laboratory?

(ii) Why silent electric discharge is necessary for ozonisation of oxygen? What is the source of ozone in the atmosphere?

(iii) What is the difference between deionised water and soft water?

(*b*) Why hydrated barium peroxide is added to cold dilute sulphuric acid in the preparation of hydrogen peroxide? Name two catalysts that act as positive catalyst and as negative catalyst in the decomposition of hydrogen peroxide.

Give two examples each of oxidising and reducing property of hydrogen peroxide. What is meant by '20-volume H_2O_2 solution'? Calculate its strength in terms of grams of H_2O_2 per 100 ml. of the hydrogen peroxide solution.]

উঃ। (a) (i) তরল বায়ু হইতে আংশিক পাতনে (বা বায়ু হইতে অন্য কোন পদ্ধতিতে) যে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়, তাহাতে আর্গন, নিয়ন প্রভৃতি (বায়ুমণ্ডলের) নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি অল্প পরিমাণে বর্তমান থাকে। সচরাচর, বায়ু হইতে প্রস্তুত করা নাইট্রোজেনের এই সকল অশুদ্ধিগুলি দূর করা হয় না। এই নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী। পরীক্ষাগারে NH_4NO_2 হইতে যে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়, তাহাতে এই সকল ভারী অশুদ্ধিগুলি থাকে না। সুতরাং, উল্লেখিত নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির উপস্থিতির জন্য বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন, পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী হয়।

(ii) সশব্দ তড়িৎ-মোক্ষণে তাপ উৎপন্ন হয়। ওজোন খুব সুস্থিত যৌগ নয়—তাপ প্রয়োগে উহা অক্সিজেনে বিয়োজিত হয়। নিঃশব্দ তড়িৎ-মোক্ষণে খুব সামান্য তাপই উৎপন্ন হয়। সেইজন্য উৎপন্ন ওজোনের বিযোজন হ্রাস করিবার প্রয়াসে অক্সিজেন হইতে ওজোন প্রস্তুতির কালে নিঃশব্দ তড়িৎ-মোক্ষণ করা হয়।

বায়ুমণ্ডলে বজ্রপাতের সময় বা বিভিন্ন বায়ুস্তরের ঘর্ষণে উচ্চমানের তড়িৎ-মোক্ষণ ঘটে। এই তড়িৎ মোক্ষণের ফলে বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেন কিছু পরিমাণে ওজোনে পরিণত হয়।

(iii) আয়ন-মুক্ত জলে H_2O অণু ব্যতীত অন্য কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ আয়ন-রূপে থাকে না। স্বভাবতঃই ইহা মৃদু জল। কিন্তু সাধারণ মৃদু জলে কয়েকটি আপত্তিকর ধাতব আয়ন (যথা, Ca^{++}, Mg, Fe^{++} বা অন্য কোন ভারী ধাতব আয়ন) ছাড়া অন্য ধাতব ও অধাতব আয়ন (যথা, Na^+, K^+, Cl^-, $SO_4^{=}$) ইত্যাদি থাকিতে পারে। শেষোক্ত আয়নগুলি জলকে খর করে না।

(b) বেরিয়াম পারক্সাইডের (BaO_2) সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সাদা, অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট ($BaSO_4$) ও হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) উৎপন্ন হয়ঃ $BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 \downarrow + H_2O_2$. এই বিক্রিয়ায় অনার্দ্র BaO_2 ব্যবহার করিলে, বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অদ্রাব্য $BaSO_4$ যৌগটি বেরিয়াম পারক্সাইডের টুকরার উপর একটি আস্তরণ গঠন করিয়া বিক্রিয়া বন্ধ করিয়া দেয়। সেই জন্য বেরিয়াম পারক্সাইডকে জলে পাতলা লেইয়ের মত করিয়া আর্দ্র বা সোদক BaO_2 রূপে ব্যবহার করা হয়। ইহাতে বিক্রিয়াটি বিঘ্নিত হয় না। হাইড্রোজেন পারক্সাইড সহজেই সামান্য উচ্চ তাপমাত্রায় H_2O ও O_2 রূপে বিযোজিত হয়। এইজন্য বিক্রিয়া-মাধ্যম শীতল রাখা প্রয়োজন। কাজেই এই বিক্রিয়ায় ঠাণ্ডা H_2SO_4-দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। ঘন H_2SO_4-এর সহিত BaO_2-এর জলীয় লেইয়ের সংযোগে তাপ উৎপন্ন হইয়া যাহাতে উৎপন্ন H_2O_2-কে বিযোজিত না করে, সেই জন্য এই বিক্রিয়ায় লঘু H_2SO_4-দ্রবণ ব্যবহার করা হয়।

H_2O_2-এর বিযোজনের অনুঘটক ঃ

ধনাত্মক অনুঘটক ঃ ইহারা $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$ বিযোজনটিকে ত্বরান্বিত করে। এইরূপ দুইটি অনুঘটক হইল ঃ MnO_2 ও প্ল্যাটিনামের সূক্ষ্মচূর্ণ।

ঋণাত্মক অনুঘটক ঃ ইহারা H_2O_2-এর বিযোজনকে মন্দীভূত করে। এইরূপ দুইটি অনুঘটক হইল ঃ ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4), গ্লিসারল।

H_2O_2-এর জারণ ধর্ম

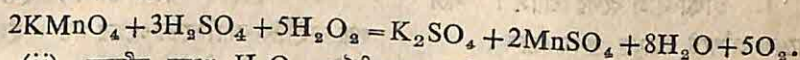
(i) আম্লিক পটাশিয়াম আয়োডাইডকে H_2O_2 জারিত করিয়া আয়োডিনে পরিণত করে ঃ $2KI + 2HCl + H_2O_2 = 2KCl + I_2 + 2H_2O$.

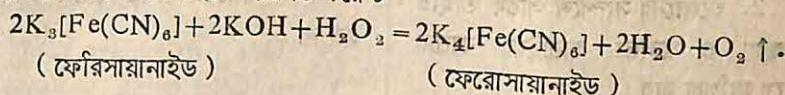
(ii) হাইড্রোজেন পারক্সাইড কালোবর্ণের লেড সালফাইডকে (PbS) জারিত করিয়া সাদাবর্ণের লেড সালফেটে ($PbSO_4$) পরিণত করে ঃ

$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O.$$

H_2O_2-এর বিজারণ ধর্ম ঃ

(i) H_2O_2 আম্লিক পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বিজারিত করিয়া ম্যাঙ্গানাস-লবণে পরিণত করে ঃ

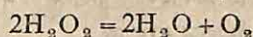
$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2.$$

(ii) ক্ষারীয় দ্রবণে H_2O_2 পটাশিয়াম ফেরিসায়ানাইডকে বিজারিত করিয়া পটাশিয়াম ফেরোসায়ানাইডে পরিণত করে ঃ

$$\underset{\text{(ফেরিসায়ানাইড)}}{2K_3[Fe(CN)_6]} + 2KOH + H_2O_2 = \underset{\text{(ফেরোসায়ানাইড)}}{2K_4[Fe(CN)_6]} + 2H_2O + O_2 \uparrow.$$

20-আয়তন H_2O_2 দ্রবণ ঃ

* [H_2O_2-দ্রবণের আয়তন মাত্রা ঃ হাইড্রোজেন পারক্সাইড সাধারণতঃ জলীয় দ্রবণের আকারে বাজারে বিক্রী হয়। এই সকল দ্রবণের মাত্রা অনেক সময় 'আয়তন-মাত্রা' রূপে প্রকাশ করা হয়। 1 ml. কোন H_2O_2-দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে জল ও অক্সিজেনে বিযোজিত করিলে ($2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$), প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় যত আয়তন অক্সিজেন নির্গত হয়, তাহাকেই ঐ দ্রবণের 'আয়তন-মাত্রা' বলা হয়।]

20-আয়তন H_2O_2 দ্রবণের অর্থ এই যে, 1 ml. উক্ত দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে জল ও অক্সিজেনে বিযোজিত করিলে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় (760 mm. চাপ ও 0°C তাপ-মাত্রা) 20 ml. অক্সিজেন পাওয়া যাইবে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড নিম্নোক্তরূপে বিযোজিত হয় ঃ

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

2 × 34 গ্রাম   22·4 লিটার (N.T.P.-তে)
= 68 গ্রাম

যেহেতু প্রদত্ত H_2O_2 দ্রবণ 20-আয়তন-মাত্রা-বিশিষ্ট, অতএব, 100ml. এই দ্রবণ হইতে প্রমাণ-অবস্থায় 20 × 100 = 2,000 ml. O_2 পাওয়া যাইবে। উপরোক্ত সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে,

প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার (বা, 22400 ml.) O_2 উৎপন্ন করে 68 গ্রাম H_2O_2

∴ ,, ,, 2,000 ml. O_2 উৎপন্ন করে $\frac{68 \times 2,000}{22,400}$ গ্রাম H_2O_2

= 6·07 গ্রাম H_2O_2

অর্থাৎ, প্রদত্ত দ্রবণের 100 ml.-তে 6·07 গ্রাম H_2O_2 বর্তমান। অর্থাৎ, উহা 7% H_2O_2 দ্রবণ।

*প্রশ্ন। ওজোন ও হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ধর্মের তুলনা কর।

[Compare the properties of ozone with those of hydrogen peroxide.]

উত্তর।

ওজোন	হাইড্রোজেন পারক্সাইড
1. হাল্কা-নীল বর্ণের গ্যাস। পচা মাছের আঁশটে গন্ধযুক্ত প্রশম গ্যাস।	1. বর্ণহীন ভারী তরল; ইহার গন্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডের গন্ধের মত। ইহা আম্লিক; নীল লিটমাসকে লাল করে।
2. ওজোনের সংস্পর্শে পারদ তাহার ঔজ্জ্বল্য ও সচলতা হারাইয়া কাচের গায়ে লাগিয়া যায়।	2. পারদের সহিত কোন বিক্রিয়া হয় না।
3. প্ল্যাটিনাম ধাতু, MnO_2 প্রভৃতির সংস্পর্শে বা তাপ-প্রভাবে বিযোজিত লইয়া অক্সিজেনে পরিণত হয়।	3. প্ল্যাটিনাম ধাতু, MnO_2 প্রভৃতির সংস্পর্শে বা তাপ-প্রভাবে ইহা H_2O ও O_2 রূপে বিযোজিত হয়।
4. বেন্‌জিডিন দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহাকে বাদামী বর্ণে পরিণত করে।	4. বেন্‌জিডিনের সহিত কোনরূপ বিক্রিয়া করে না।
5. টিটানিয়াম সালফেট দ্রবণের সহিত কোনরূপ বিক্রিয়া হয় না।	5. টিটানিয়াম সালফেট দ্রবণের বর্ণকে কমলা বর্ণে পরিণত করে।
6. টেট্রামিথাইল ডাই-অ্যামিনো ডাই-ফিনাইল মিথেন ক্ষারকের বর্ণ বেগুনী করে।	6. টেট্রামিথাইল ডাই-অ্যামিনো ডাই-ফিনাইল মিথেন ক্ষারকের বর্ণ পরিবর্তন করে না।
7. জারকধর্মী; প্রকৃত বিজারক ধর্ম নাই।	7. জারক ধর্ম ও বিজারক ধর্ম উভয়ই বর্তমান।
8. H_2SO_4 দ্বারা অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণের সহিত কোন বিক্রিয়া হয় না।	8. H_2SO_4 দ্বারা অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণের বেগুনী বর্ণকে বর্ণহীন করে।
9. H_2SO_4 মিশ্রিত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ও ইথারের মিশ্রণের সহিত ক্রিয়ান্বিত হয় না।	9. H_2SO_4 মিশ্রিত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ও ইথারের মিশ্রণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইথারের বর্ণ নীল করে।
10. $FeSO_4$ ও KI-এর মিশ্রণের দ্রবণ হইতে আয়োডিন মুক্ত করে না।	10. $FeSO_4$ ও KI-এর মিশ্রণের দ্রবণ হইতে আয়োডিন মুক্ত করে।
11. $MnCl_2$ দ্রবণকে বাদামী বর্ণে পরিণত করে।	11. $MnCl_2$ দ্রবণের সহিত কোনরূপ বিক্রিয়া হয় না।
12. উষ্ণ ও উজ্জ্বল সিলভারকে কালো বর্ণে রূপান্তরিত করে।	12. উষ্ণ ও উজ্জ্বল সিলভারের বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে।

প্রশ্ন ৩। (a) বোরনের দুইটি প্রধান প্রাকৃতিক উৎসের নাম লিখ। উহা হইতে কিরূপে বোরাক্স পাওয়া যায়? বোরন অক্সাইড হইতে কিভাবে বোরন প্রস্তুত করা হয়? বোরিক অ্যানহাইড্রাইডের কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে বোরন প্রস্তুত করা সম্ভবপর নয় কেন?

(b) 'সোহাগা-গুটি' কি? সোহাগা-গুটি পরীক্ষায় একটি কপারের লবণ ও একটি আয়রনের লবণকে পৃথক্ পৃথক্ ভাবে জারক-শিখা ও বিজারক শিখায় উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে?

[(a) Name two important natural sources of boron. How borax is isolated from them?

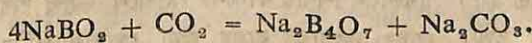
How is boron isolated from its oxide? Why carbon-reduction of boric anhydride is not possible for the isolation of boron?

(b) What is borax-bead? What happens when a copper salt and an iron salt are separately subjected to borax-bead test under reducing and under oxidising conditions?]

উত্তর। বোরনের উৎস ঃ বোরনের প্রাকৃতিক উৎস (i) টিন্ক্যাল (অবিশুদ্ধ বোরাক্স, $Na_2B_4O_7.10H_2O$) ও (ii) কোল্ম্যানাইট্ ($Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$)।

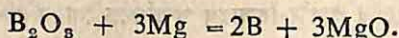
বোরাক্স-প্রস্তুতি ঃ (i) টিন্ক্যাল্ হইতে ঃ প্রাকৃতিক টিন্ক্যাল্‌কে চূর্ণ করিয়া উহাকে উত্তপ্ত জলে দ্রবীভূত করা হয়। উত্তপ্ত দ্রবণকে পরিস্রুত করিয়া নির্মল দ্রবণকে ঠাণ্ডা করিলে সাদা কেলাসাকার বোরাক্স অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই কেলাসগুলিকে ছাঁকিয়া লইয়া বায়ুতে শুষ্ক করা হয়।

(ii) কোলম্যানাইট্ হইতে ঃ খনিজ কোল্ম্যানাইট্-চূর্ণকে সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষেপরূপে পড়িয়া থাকে ও দ্রবণে সোডিয়াম টেট্রাবোরেট ($Na_2B_4O_7$) ও সোডিয়াম মেটাবোরেট ($NaBO_2$) উৎপন্ন হয় ঃ $Ca_2B_6O_{11} + 2Na_2CO_3 = Na_2B_4O_7 + 2NaBO_2 + 2CaCO_3\downarrow$. অধঃক্ষিপ্ত $CaCO_3$-কে ছাঁকিয়া লইয়া পরিস্রুত দ্রবণকে ঘন ও ঠাণ্ডা করিলে বোরাক্সের কেলাস পাওয়া যায়। ইহাদিগকে ছাঁকিয়া পৃথক্ করা হয়। এই পর্যায়ের পরিস্রুত মাতৃ-দ্রবণে $NaBO_2$ দ্রবীভূত থাকে। এই দ্রবণের ভিতর দিয়া CO_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে উহা বোরাক্সে পরিণত হয় ঃ

$$4NaBO_2 + CO_2 = Na_2B_4O_7 + Na_2CO_3.$$

বোরন অক্সাইড (B_2O_3) হইতে বোরন প্রস্তুতি ঃ

বোরন অক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণের একটি নিবিড় মিশ্রণকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত মিশ্রণটিকে ঠাণ্ডা করিয়া লঘু HCl-দ্রবণ যুক্ত করিলে অবিকৃত Mg ও উৎপন্ন MgO দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং বাদামীবর্ণের চূর্ণের আকারে অনিয়তাকার

বোরন অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে। ইহাকে ছাঁকিয়া লইয়া জল দ্বারা উত্তমরূপে ধৌত করা হয়, এবং পরে শুষ্ক করা হয়।

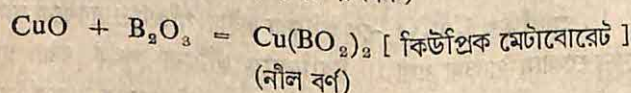
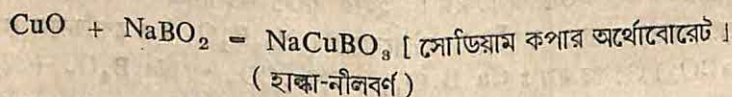
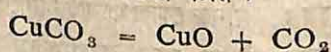
$$B_2O_3 + 3Mg = 2B + 3MgO.$$

বোরিক আনহাইড্রাইড ও বোরন ট্রাই-অক্সাইড (B_2O_3) একই যৌগ। ইহাকে কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে বোরনে পরিণত করা যায় না। কারণ, B_2O_3-ও 'কোক বা কার্বন-চূর্ণের মিশ্রণ শ্বেত-তপ্ত অবস্থায়ও বিক্রিয়া করে না।

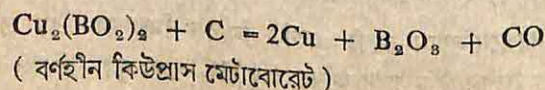
সোহাগা-গুটি ঃ একটি প্ল্যাটিনাম-তারের অগ্রভাগে একটি ছোট কুণ্ডলী প্রস্তুত করিয়া উত্তপ্ত অবস্থায় কুণ্ডলীটিকে সোহাগা-চূর্ণে স্থাপন করিলে, কিছু পরিমাণ গুড়া সোহাগা কুণ্ডলীতে লাগিয়া থাকে। এই অবস্থায় কুণ্ডলীটিকে দীপশিখায় উত্তপ্ত করিলে প্রথমে সোহাগা কেলাস-জল ত্যাগ করিয়া ফুলিয়া ফাঁপিয়া উঠে। অধিকতর উত্তাপে উহা গলিয়া যায় এবং একটি স্বচ্ছ বর্ণহীন তরল-বিন্দু কুণ্ডলীতে অবস্থান করে। ইহাকে ঠাণ্ডা করিলে বর্ণহীন স্বচ্ছ কাচের গুটির মত একটি গুটি কুণ্ডলীতে গঠিত হয়। ইহাই সোহাগা-গুটি। তাপপ্রয়োগে সোহাগা (বোরাক্স) বিযোজিত হইয়া বোরন ট্রাই-অক্সাইড ও সোডিয়াম মেটাবোরেটে পরিণত হয়। সোহাগা-গুটি এই দুইটি যৌগের সংমিশ্রণ। $Na_2B_4O_7 = B_2O_3 + 2NaBO_2$

সোহাগা-গুটিতে অল্প পরিমাণ কপার লবণ লইয়া উহাকে জারণ-শিখায় উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম কপার (II) অর্থোবোরেট ও কিউপ্রিক মেটাবোরেট উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন পদার্থদ্বয় হাল্কা-নীল বর্ণের। সুতরাং, জারক পরিবেশে উত্তপ্ত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে এই ক্ষেত্রে গুটির রং নীল হয়। জারক পরিবেশে উত্তাপের ফলে কিউপ্রিক লবণ CuO-রূপে বিযোজিত হইয়া বিক্রিয়া ঘটায়।

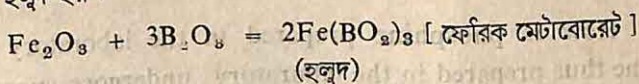
$$CuCO_3 = CuO + CO_2$$

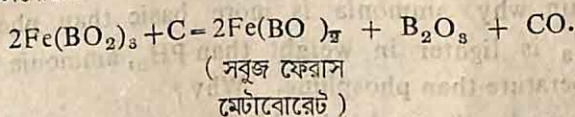
$$CuO + NaBO_2 = NaCuBO_3$$ [সোডিয়াম কপার অর্থোবোরেট]
(হাল্কা-নীলবর্ণ)

$$CuO + B_2O_3 = Cu(BO_2)_2$$ [কিউপ্রিক মেটাবোরেট]
(নীল বর্ণ)

কপার লবণকে সোহাগা-গুটিতে বিজারণ-শিখায় উত্তপ্ত করিলে বর্ণহীন কিউপ্রাস মেটাবোরেট গঠিত হয়। বিজারণ শিখার কার্বনের সংস্পর্শে উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা ধাতব কপারে পরিণত হয়। ধাতব কপারের বর্ণের জন্য সোহাগা-গুটির বর্ণও নিষ্প্রভ তামাটে লাল হয়।

$$Cu_2(BO_2)_2 + C = 2Cu + B_2O_3 + CO$$
(বর্ণহীন কিউপ্রাস মেটাবোরেট)

আয়রনের (Fe^{++} বা Fe^{+++}) লবণ জারণ শিখায় Fe_2O_3 গঠিত হইয়া

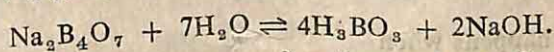
সোহাগা-গুটির সহিত বিক্রিয়ায় হলুদ বর্ণের ফেরিক মেটাবোরেট উৎপন্ন হয়। ফলে, গুটির বর্ণ হলুদ হয়।

$$Fe_2O_3 + 3B_2O_3 = 2Fe(BO_2)_3$$ [ফেরিক মেটাবোরেট] (হলুদ)

বিজারণ শিখায় উত্তাপের ফলে ফেরিক মেটাবোরেট বিজারিত হইয়া সবুজ বর্ণের ফেরাস মেটাবোরেটে পরিণত হয়। ফলে, গুটির রং সবুজ হয়।

$$2Fe(BO_2)_3 + C = 2Fe(BO_2)_2 + B_2O_3 + CO.$$
(সবুজ ফেরাস মেটাবোরেট)

*প্রশ্ন। বোরাক্সের জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী কেন ?

[Why is an aqueous solution of borax alkaline ?]

উত্তর। জলীয় দ্রবণে বোরাক্স আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া বোরিক অ্যাসিড (H_3BO_3) ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড গঠন করে :

$$Na_2B_4O_7 + 7H_2O \rightleftharpoons 4H_3BO_3 + 2NaOH.$$

বোরিক অ্যাসিড অত্যন্ত মৃদু অ্যাসিড, কিন্তু NaOH তীব্র ক্ষার। সেইজন্য বোরাক্সের জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী হয়।

প্রশ্ন ৪। (*a*) পরীক্ষাগারে কিভাবে ফসফিন প্রস্তুত করা হয়? বিশুদ্ধ ফসফিন বায়ুতে স্বতঃদাহ্য নয়, কিন্তু উপরি-উক্ত রূপে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত ফসফিন বায়ুর সংস্পর্শে সহজেই জ্বলিয়া উঠে কেন ?

(*b*) অ্যামোনিয়া ফসফিন অপেক্ষা অধিকতর ক্ষারকীয় কেন? অ্যামোনিয়ার আণবিক ওজন ফসফিন অপেক্ষা কম হওয়া সত্ত্বেও NH_3-এর স্ফুটনাংক PH_3-এর স্ফুটনাংক অপেক্ষা বেশী কেন ?

(*c*) হীরক অত্যন্ত কঠিন পদার্থ, কিন্তু গ্রাফাইট নরম। ইহার কারণ কি ?

*(*d*) হীরক তাপ ও তড়িতের অপরিবাহী ; কিন্তু গ্র্যাফাইট তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। কেন ?

(*e*) অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের বিজারণ ধর্মের দুইটি করিয়া উদাহরণ দাও।

(*f*) কি ঘটে, যখন (i) উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করা হয়? (ii) উত্তপ্ত CuO-এর উপর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করা হয়? (iii) সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইয়া মিশ্রণে অ্যামোনিয়া দ্রবণ যুক্ত করা হইল ? (iv) কপার সালফেট দ্রবণে ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়া দ্রবণ মিশানো হইল ? (v) কপার সালফেট দ্রবণের ভিতর দিয়া ফসফিন গ্যাস পাঠানো হইল ? (vi) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের ভিতর দিয়া ফসফিন গ্যাস পাঠানো হইল ?

*(g) ঘন NaOH দ্রবণের সহিত সাদা ফসফরাসের কি বিক্রিয়া ঘটে ? বিক্রিয়াটি কোন্ শ্রেণীর ?

[(*a*) How is phosphine prepared in the laboratory ? Why phosphine thus prepared in the laboratory undergoes spontaneous oxidation with air while pure phosphine is resistant to oxidation by air ?

(*b*) Explain why ammonia is more basic than phosphine. Although NH_3 is lighter in weight than PH_3, ammonia boils at a higher temperature than phosphine. Why ?

(*c*) Explain why diamond is hard and graphite is soft.

*(*d*) Explain why diamond is a non-conductor of heat and electricity, while graphite is a conductor of heat and electricity.

(*e*) Give two instances each of ammonia and phosphine to illustrate their reducing behaviour.

(*f*) What happens when

(i) Dry ammonia is passed over heated metallic sodium ?

(ii) Dry ammonia is passed over heated cupric oxide ?

(iii) Silver nitrate solution is added to sodium chloride solution and then ammonia solution is added to the mixture ?

(iv) Ammonia solution is gradually added to copper sulphate solution ?

(v) Phosphine is led into copper sulphate solution ?

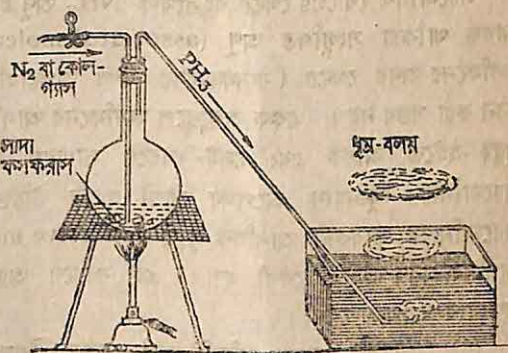
(vi) Phosphine is added to silver nitrate solution ?

*(*g*) How conc. NaOH solution reacts with white phosphorus ? What is the type of the reaction ?]

উঃ। (a) পরীক্ষাগারে ফসফিন প্রস্তুতি ঃ

নীতি ঃ শ্বেত ফসফরাসকে ঘন কস্টিক সোডা-দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে ফসফিন প্রস্তুত করা হয়। এই প্রস্তুতিতে উপজাত পদার্থরূপে সোডিয়াম হাইপো-ফসফাইট (NaH_2PO_2) উৎপন্ন হয় ঃ $4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3\uparrow + 3NaH_2PO_2$.

পদ্ধতি ঃ একটি গোলতল কাচের ফ্লাস্কের মুখ দুইটি ছিদ্রযুক্ত ছিপি দিয়া বন্ধ করা হয়। এই ছিদ্রদ্বয়ের একটির ভিতর দিয়া একটি প্রবেশ নল ফ্লাস্কের তলদেশ পর্যন্ত প্রবেশ করে এবং দ্বিতীয় ছিদ্রে একটি নির্গম-নল লাগানো থাকে (পার্শ্বের চিত্র

দ্রষ্টব্য)। ফ্লাস্কে কয়েক টুকরা শ্বেত ফসফরাস ও ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণ লওয়া হয় এবং প্রবেশ-নলের ভিতর দিয়া কোল গ্যাস (বা নাইট্রোজেন গ্যাস) প্রবাহিত করিয়া ফ্লাস্কের ভিতরের বায়ু অপসারিত করা হয়। ফ্লাস্কটি কোল গ্যাসে পূর্ণ হইলে উহাকে উত্তপ্ত করা হয়। শ্বেত ফসফরাসের সহিত কস্টিক সোডা দ্রবণের বিক্রিয়ায় ফসফিন উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়। উৎপন্ন গ্যাস বায়ুর সংস্পর্শে আসিলেই সঙ্গে সঙ্গে জ্বলিয়া উঠে এবং সাদা ধূম্রবলয়ের সৃষ্টি করে।

পরীক্ষাগারে ফসফিন প্রস্তুতি

[এই ধূম্র-বলয় ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের। ফসফিন নিজে স্বতঃস্ফূর্তভাবে বায়ুর সংস্পর্শে প্রজ্বলিত হয় না। কিন্তু এই প্রস্তুতি কালে পার্শ্ব-বিক্রিয়ারূপে ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড (P_2H_4) গঠিত হয়। ইহা বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে এবং সেই সঙ্গে ফসফিনও প্রজ্বলিত হয়। প্রজ্বলনের কালে এই দুইটি হাইড্রাইড জারিত হইয়া ফসফরাস পেণ্টক্সাইড গঠন করে।]

উৎপন্ন গ্যাসকে হিম-মিশ্রণে স্থাপিত একটি U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করাইয়া গ্যাস-জারের জল অপসারণের দ্বারা ফসফিন গ্যাসকে সংগ্রহ করা হয়। [হিম-মিশ্রণে অবস্থিত U-নলের মধ্যে ফসফিনের সহিত মিশ্রিত অশুদ্ধি ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড (P_2H_4) তরলিত হইয়া দূরীভূত হয়। নির্গত গ্যাসে কেবলমাত্র ফসফিন (ও সামান্য পরিমাণ H_2) থাকে। সুতরাং, উহা বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে না।

শ্বেত ফসফরাসের সহিত ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে ফসফিন উৎপন্ন হয় এবং সেই সঙ্গে পার্শ্ব-বিক্রিয়ায় অশুদ্ধিরূপে ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড উৎপন্ন হয় : $6P + 3NaOH + 4H_2O = 4NaH_2PO_2 + P_2H_4$. ফসফিন ডাই-হাইড্রাইড বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে প্রজ্বলিত হয় এবং ইহার প্রজ্বলনে ফসফিনও প্রজ্বলিত হয়।

(b) পর্যায় সারণীতে নাইট্রোজেন ও ফসফরাস একই শ্রেণীতে অবস্থিত এবং নাইট্রোজেনের অবস্থান ফসফরাসের উপরে। পর্যায় সারণীর কোন একটি শ্রেণীর মৌলগুলির ধর্মের পর্যালোচনা করিলে দেখা যায় যে, উপর হইতে নীচের দিকে নামিলে মৌলের অপরাধর্মিতা ক্রমশঃ কমিতে থাকে এবং পরাধর্মিতা বাড়িতে থাকে। সুতরাং, এই বিচারে ফসফরাস নাইট্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর পরাধর্মী মৌল। ফলে, $P-H$ বন্ধন $N-H$ বন্ধন হইতে অধিকতর সমযোজী প্রকৃতির। অপেক্ষাকৃত অধিকতর পরাধর্মী মৌলের হাইড্রাইড যৌগ হিসাবে ফসফিনের ক্ষারত্ব অ্যামোনিয়ার ক্ষারত্ব হইতে

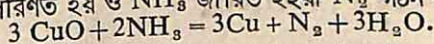
কম হওয়াই স্বাভাবিক। বাস্তবক্ষেত্রে তাহাই দেখিতে পাওয়া যায়। এই ক্ষেত্রে ফসফিনের ক্ষারত্ব কমিয়া যৌগটি প্রায় প্রশম প্রকৃতির হইয়াছে।

অ্যামোনিয়া যৌগের ক্ষেত্রে বহুসংখ্যক NH_3 অণু হাইড্রোজেন বন্ধনে (N – H…N) আবদ্ধ থাকিয়া সংগুণিত অণু (associated molecule) উৎপন্ন করিতে সক্ষম। ফসফিনের অণুর ক্ষেত্রে (ফসফরাসের স্বল্প অপরাধর্মিতার জন্য) হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করা সম্ভব নয়। একক অণুরূপে ফসফিনের আণবিক গুরুত্ব অ্যামোনিয়ার আণবিক গুরুত্ব হইতে অধিক এবং সেই কারণে সাধারণ বিবেচনায় ফসফিনের স্ফুটনাংক অ্যামোনিয়ার স্ফুটনাংক অপেক্ষা বেশী হওয়া উচিত। কিন্তু, সংগুণিত অণুরূপে অ্যামোনিয়ার কার্যকরী আণবিক গুরুত্ব (effective molecular weight) ফসফিনের আণবিক গুরুত্ব হইতে বেশী হয়। এই কারণে অ্যামোনিয়ার স্ফুটনাংক ফসফিনের স্ফুটনাংক অপেক্ষা বেশী।

(c) হীরকের কেলাসে প্রতিটি কার্বন পরমাণু উহার চতুর্দিকে সমদূরত্বে চারটি কার্বন পরমাণুর সহিত সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ। শেষোক্ত চারটি কার্বন পরমাণু একটি সুষম চতুস্তলকের চারটি কৌণিক বিন্দুতে অবস্থান করে এবং প্রথমোক্ত কার্বন পরমাণুটি ঐ চতুস্তলকের কেন্দ্রে অবস্থান করে। চতুস্তলকের কৌণিক বিন্দুতে অবস্থিত প্রতিটি কার্বণ পরমাণু উপরোক্ত ভাবে অপর চারটি কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত থাকে। ফলে, হীরক অতিকায় অণুরূপে গঠিত হয় এবং ইহার কার্বন পরমাণুর 4টি ইলেকট্রনই সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে। হীরকের কেলাসকে ভাঙ্গিতে হইলে এই বিপুল সংখ্যক সমযোজী বন্ধন ভাঙ্গিতে হয় এবং ইহার জন্য প্রচণ্ড শক্তির প্রয়োজন হয়। সেইজন্য হীরক অত্যন্ত শক্ত পদার্থ। কিন্তু, গ্র্যাফাইটের কেলাসের আকৃতি স্তর-মাত্রিক (sheet like)। ষড়-ভূজাকৃতি এই কার্বনের স্তরগুলির মধ্যে আকর্ষণী বল অত্যন্ত মৃদু। ফলে, স্তরগুলি একটি অপরটির উপর দিয়া সহজেই গড়াইয়া যাইতে পারে। সেইর্জন্য গ্র্যাফাইট নরম (ও পিচ্ছিল)।

*(d) এক্স-রশ্মি বিশ্লেষণের পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে, হীরক অতিকায় অণুরূপে অবস্থান করে। ইহার কেলাসে প্রতিটি কার্বন পরমাণু উহার চতুর্দিকে সম-দূরত্বে সুষম চতুস্তলকের চারটি কৌণিক বিন্দুতে অবস্থিত অপর চারটি কার্বন পরমাণুর সহিত সমযোজী বন্ধনে যুক্ত। প্রতিটি কার্বন পরমাণু এক-একটি ঐরূপ চতুস্তলকের কেন্দ্রবিন্দু-রূপে কার্য করে। ফলে, হীরক অতিকায় অণুরূপে গঠিত হয় এবং উহার প্রতিটি কার্বন-পরমাণুর চারটি ইলেকট্রনই দৃঢ় সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে। সুতরাং, তাপ বা তড়িৎ পরিবহনের কাজে ইহারা অংশ গ্রহণ করিতে পারে না। ফলে, হীরক তাপ ও তড়িতের অপরিবাহী। পক্ষান্তরে, গ্র্যাফাইট কেলাসের গঠনাকৃতি মোটামুটি বেঞ্জিন অণুর গঠনের মত। এইক্ষেত্রে প্রতিটি কার্বন পরমাণুর তিনটি ইলেকট্রন sp^2-সংকর কক্ষক গঠন করিয়া সমযোজী সিগ্‌মা বন্ধনে আবদ্ধ। কার্বনের অবশিষ্ট ইলেকট্রনটি π-বন্ধনে আবদ্ধ। যেহেতু π-বন্ধনে আবদ্ধ ইলেকট্রনের কিছুটা চলমান প্রকৃতি বর্তমান, সেইজন্য এই ইলেকট্রনগুলি তাপ ও তড়িৎ পরিবহণের কাজে ব্যবহৃত হইতে পারে। ফলে, গ্র্যাফাইট তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী।

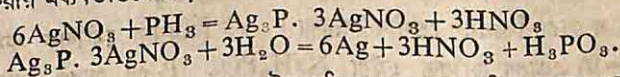
(e) উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যামোনিয়া কয়েকটি ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করে। উত্তপ্ত CuO-এর উপর দিয়া NH_3 গ্যাস প্রবাহিত করিলে CuO বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয় ও NH_3 জারিত হইয়া N_2 গঠন করে।

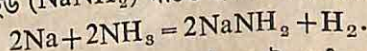
$$3\,CuO + 2NH_3 = 3Cu + N_2 + 3H_2O.$$

উপরোক্ত অবস্থায় অ্যামোনিয়া PbO-কে বিজারিত করিয়া ধাতব লেডে পরিণত করে ও নিজে N_2 রূপে জারিত হয়। $3\,PbO + 2\,NH_3 = 3\,Pb + N_2 + 3\,H_2O.$

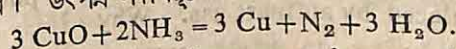
ফসফিন শক্তিশালী বিজারক পদার্থ। ইহা দ্রবণে কপার সালফেটকে বিজারিত করিয়া কিউপ্রাস ফসফাইডে পরিণত করে। (অনেক ক্ষেত্রে ধাতব কপার রূপেও উহা বিজারিত হয়) $3CuSO_4 + 2PH_3 = Cu_3P_2 + 3\,H_2SO_4$

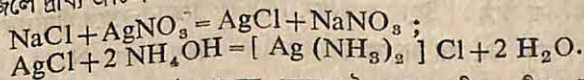
$$\downarrow$$
$$Cu$$

সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে ফসফিন বিজারিত করিয়া ধাতব সিলভারে পরিণত করে। এই বিক্রিয়ার মধ্যবর্তীস্তরে হলুদবর্ণের যুত-যৌগ $Ag_3P.\,3AgNO_3$ গঠিত হয় ;

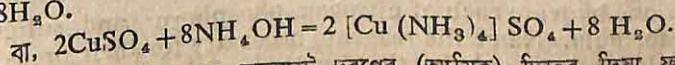
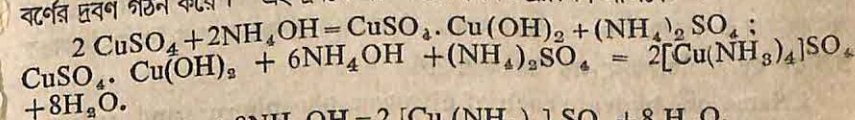
$$6AgNO_3 + PH_3 = Ag_3P.\,3AgNO_3 + 3HNO_3$$
$$Ag_3P.\,3AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + 3HNO_3 + H_3PO_3.$$

(f) (i) উত্তপ্ত সোডিয়াম ধাতুর উপর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে সোডামাইড ($NaNH_2$) গঠিত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2.$$

(ii) উত্তপ্ত কিউপ্রাস অক্সাইডের উপর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে CuO বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয় ও NH_3 জারিত হইয়া নাইট্রোজেন গঠন করে। উৎপন্ন পদার্থরূপে জলও গঠিত হয়।

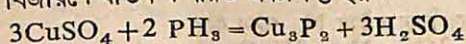
$$3\,CuO + 2NH_3 = 3\,Cu + N_2 + 3\,H_2O.$$

(iii) সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে অদ্রাব্য সিলভার ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে ও দ্রবণে সোডিয়াম নাইট্রেট গঠিত হয়। এই মিশ্রণে অ্যামোনিয়া দ্রবণ মিশাইলে অধঃক্ষিপ্ত সিলভার ক্লোরাইড দ্রবীভূত হইয়া বর্ণহীন, জলে দ্রাব্য জটিল লবণ, সিলভার অ্যামিন ক্লোরাইড গঠন করে।

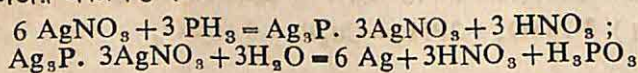
$$NaCl + AgNO_3 = AgCl + NaNO_3\ ;$$
$$AgCl + 2\,NH_4OH = [\,Ag\,(NH_3)_2\,]\,Cl + 2\,H_2O.$$

(iv) সবুজাভ নীলবর্ণের কপার সালফেট দ্রবণে ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়া দ্রবণ মিশাইলে প্রথমে হাল্কা-নীল বর্ণের ক্ষারকীয় কপার সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাতে অধিক পরিমাণে অ্যামোনিয়া দ্রবণ মিশাইলে উপরোক্ত অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হইয়া ঘন-নীল বর্ণের দ্রবণ গঠন করে। এই দ্রবণে জটিল যৌগ কিউপ্র্যামিন সালফেট বর্তমান থাকে।

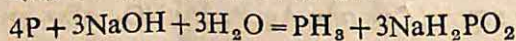
$$2\,CuSO_4 + 2NH_4OH = CuSO_4.\,Cu(OH)_2 + (NH_4)_2\,SO_4\ ;$$
$$CuSO_4.\,Cu(OH)_2 + 6NH_4OH + (NH_4)_2SO_4 = 2[Cu(NH_3)_4]SO_4 + 8H_2O.$$

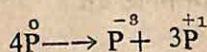
বা, $2CuSO_4 + 8NH_4OH = 2\,[Cu\,(NH_3)_4]\,SO_4 + 8\,H_2O.$

(v) নীলবর্ণের কপার সালফেট দ্রবণের (আম্লিক) ভিতর দিয়া ফসফিন গ্যাস

প্রবাহিত করিলে কালোবর্ণের কিউপ্রাস ফসফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। অনেক সময় অতিরিক্ত বিজারণে ধাতব কপারও অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$3CuSO_4 + 2\ PH_3 = \underset{\downarrow\atop Cu.}{Cu_3P_2} + 3H_2SO_4$$

(vi) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের ভিতর দিয়া ফসফিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে প্রথমে হলুদ বর্ণের যুত-যৌগ $Ag_3P.\ 3AgNO_3$ গঠিত হয় এবং পরে উহা বিজারিত হইয়া ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$6\ AgNO_3 + 3\ PH_3 = Ag_3P.\ 3AgNO_3 + 3\ HNO_3\ ;$$
$$Ag_3P.\ 3AgNO_3 + 3H_2O = 6\ Ag + 3HNO_3 + H_3PO_3$$

*(g) ঘন NaOH দ্রবণসহ সাদা ফসফরাসকে উত্তপ্ত করিলে ফসফিন গ্যাস ও সোডিয়াম হাইপোফসফাইট (দ্রবণে) উৎপন্ন হয়।

$$4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$$

বিক্রিয়াটি স্ব-জারণ-বিজারণ শ্রেণীর বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়ায় মৌলিক ফসফরাসের (জারণ-সংখ্যা = 0) একাংশ জারিত হইয়া NaH_2PO_2 (P-এর জারণ-সংখ্যা = +1) এবং অপরাংশ বিজারিত হইয়া PH_3 (P-এর জারণ-সংখ্যা = −3) গঠন করে ঃ

$$4\overset{0}{P} \longrightarrow \overset{-3}{P} + 3\overset{+1}{P}$$

***প্রশ্ন। পরীক্ষাগারে ফসফিন প্রস্তুতির সময় বিক্রিয়া-পাত্রের ভিতরের বায়ুকে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাস দ্বারা বিতাড়িত করা হয় কেন ?**

[Air inside the reaction-vessel in the preparation of phosphine in the laboratory is displaced by an inert gas. Why ?]

উত্তর। সাদা ফসফরাসের সহিত ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে ফসফিন উৎপন্ন হয় এবং সেই সঙ্গে পার্শ্ব-বিক্রিয়ায় অশুদ্ধিরূপে ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড (P_2H_4) উৎপন্ন হয়। $6P + 4NaOH + 4H_2O = 4NaH_2PO_2 + P_2H_4$.

ফসফিন বায়ুতে স্বতঃদাহ্য নয় ; কিন্তু ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে। ইহার প্রজ্বলনে বিক্রিয়া-পাত্রের ভিতরে ফসফিনও জ্বলিয়া উঠে। বিক্রিয়া-পাত্রের ভিতরের বায়ুকে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাস (যথা, N_2, CO_2) দ্বারা বিতাড়িত করিলে P_2H_4-এর প্রজ্বলন বন্ধ হয় ; ফলে, উৎপন্ন ফসফিনও অবিকৃত থাকে। সেই জন্য এই প্রস্তুতিতে বিক্রিয়া-পাত্রের ভিতরের বায়ুকে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাস দ্বারা বিতাড়িত করা হয়।

***প্রশ্ন। নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও সালফারের প্রতিটির একটি করিয়া হাইড্রাইড যৌগের নাম ও সংকেত লিখ। পরীক্ষাগারে উহাদিগকে প্রস্তুত করিতে কি কি বিকারক প্রয়োজন হয় ? বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও।**

[Name one hydride each of nitrogen, phosphorus and sulphur with their formula. Name the reagents necessary for their preparation in the laboratory and give the equations of the reactions.]

উত্তর। নাইট্রোজেনের হাইড্রাইড : অ্যামোনিয়া, NH_3.
প্রস্তুতির উপকরণ : অ্যামোনিয়াম সালফেট, $(NH_4)_2SO_4$, ও কলিচুন, $Ca(OH)_2$
বিক্রিয়ার সমীকরণ : $(NH_4)_2SO_4 + Ca(OH)_2 = 2NH_3 + CaSO_4 + 2H_2O$.
ফসফরাসের হাইড্রাইড : ফসফিন, PH_3.
প্রস্তুতির উপকরণ : সাদা ফসফরাস ও কস্টিক সোডার ঘন জলীয় দ্রবণ।
বিক্রিয়ার সমীকরণ : $4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$.
সালফারের হাইড্রাইড : হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন, H_2S.
প্রস্তুতির উপকরণ : ফেরাস সালফাইড (FeS) ও লঘু H_2SO_4 দ্রবণ।
বিক্রিয়ার সমীকরণ : $FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$.

***প্রশ্ন। অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের ধর্মের তুলনা কর।**
[Compare the properties of ammonia with those of phosphine.]

উত্তর।

অ্যামোনিয়া	ফসফিন
(১) ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বিষাক্ত নহে।	(১) পচা মাছের গন্ধযুক্ত বর্ণহীন কিন্তু বিষাক্ত গ্যাস।
(২) জলে অত্যন্ত দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী।	(২) জলে সামান্য পরিমাণে দ্রাব্য; জলীয় দ্রবণ প্রায়-প্রশম।
(৩) ক্লোরিনের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে। অ্যামোনিয়ার পরিমাণ অল্প থাকিলে নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড গঠিত হয়।	(৩) ক্লোরিনের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড ও পেণ্টাক্লোরাইড গঠন করে।
(৪) হ্যালোজেন-অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় সুস্থায়ী অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে।	(৪) হ্যালোজেন-অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া স্বল্পস্থায়ী ফসফোনিয়াম লবণ গঠন করে।
(৫) বিজারক ধর্ম পরিমিত।	(৫) তীব্র বিজারক ধর্ম বর্তমান।
(৬) কপার সালফেট দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় ঘন-নীল বর্ণের কিউপ্র্যামিন সালফেট নামে জটিল লবণ উৎপন্ন হয়। ফলে, দ্রবণের বর্ণ ঘন-নীল হয়।	(৬) কপার সালফেট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কপার ফসফাইড অধঃক্ষিপ্ত করে।
(৭) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত বর্ণহীন ও দ্রবণীয় জটিল যৌগ (সিলভার অ্যামিন যৌগ) উৎপন্ন করে।	(৭) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় কালোবর্ণের ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত করে।
(৮) বায়ু অপেক্ষা হাল্কা।	(৮) বায়ু অপেক্ষা ভারী।

প্রশ্ন ৫। (a) ক্যালসিয়াম ফসফেট হইতে কিরূপে হলুদ (সাদা) ফসফরাস প্রস্তুত করিবে? কিরূপে প্রমাণ করিবে, (i) শ্বেত ফসফরাস লাল ফসফরাস হইতে অধিকতর সক্রিয়; (ii) শ্বেত ও লাল ফসফরাস একই মৌলের বিভিন্ন রূপভেদ?

(b) অর্থো-ফসফরাস অ্যাসিড ও অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড কিরূপে প্রস্তুত করা হয়?

*(c) অর্থো-ফসফরাস অ্যাসিডের ক্ষারকীয়তা (basicity) কত এবং কেন? ইহার প্রশম সোডিয়াম লবণের সংকেত লিখ।

[(a) How would you prepare yellow phosphorus from calcium phosphate? How would you prove that, (i) white phosphorus is more active than red phosphorus and (ii) white phosphorus and red phosphorus are allotropes?

(b) How ortho-phosphorous and ortho-phosphoric acids are prepared?

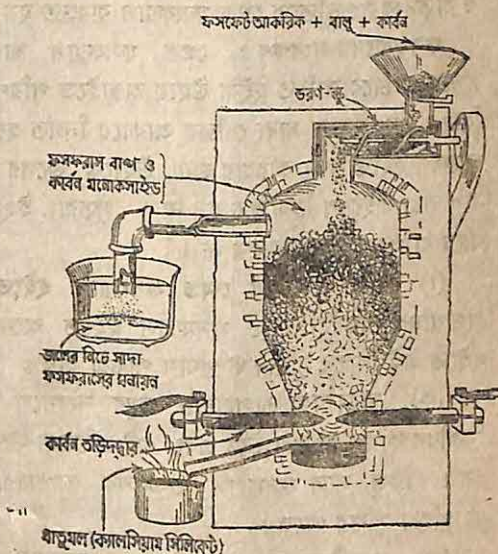
*(c) What is the basicity of ortho-phosphous acid and why? Write down the formula of its normal sodium salt.]

উঃ। (a) হলুদ (শ্বেত) ফসফরাস প্রস্তুতি:

ফসফোরাইট রক (খনিজ) ও অস্থিভস্ম মূলতঃ ক্যালসিয়াম ফসফেট। একই পদ্ধতি অবলম্বন করিয়া উহাদের হইতে ফসফরাস প্রস্তুত করা যায়। বর্তমানে বৈদ্যুতিক প্রণালীতে (electrical method) এই নিষ্কাশন-কার্য সম্পন্ন করা হয়। এই পদ্ধতি পার্কার-রবিনসন্ পদ্ধতি নামে খ্যাত।

নীতি: ফসফোরাইট খনিজ চূর্ণ বা অস্থি-ভস্ম (বা ক্যালসিয়াম ফসফেট) এবং বালুকা (সিলিকা) একত্রে মিশ্রিত করিয়া 1200° – 1500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফসফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ফসফরাস পেণ্টক্সাইডকে এই উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বন-চূর্ণ দ্বারা বিজারিত করিলে ফসফরাস-বাষ্প গঠিত হয় এবং উহা সংগ্রাহক-কক্ষে জলের নিম্নে ঘনীভূত হইয়া শ্বেত ফসফরাসে পরিণত হয়। ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতু-মলরূপে পাওয়া যায়: $Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$; $2P_2O_5 + 10C = P_4 + 10CO$.

পদ্ধতি: এই পদ্ধতিতে যে বৈদ্যুতিক চুল্লী ব্যবহার করা হয়, তাহা অগ্নি-সহা মৃত্তিকায় তৈরী। চুল্লীর গহ্বরটি ডিম্বাকৃতির এবং উহার নিম্নাংশে বিদ্যুৎ সঞ্চালনের জন্য মোটা দুইটি কার্বন-দণ্ড তড়িৎদ্বার-রূপে সংযুক্ত থাকে। [উল্লেখ্য যে, এই পদ্ধতি তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি নয়; ইহা তড়িতের সাহায্যে উচ্চ তাপমাত্রায় অনুষ্ঠিত বিযোজন পদ্ধতি মাত্র।] চুল্লীটির শীর্ষদেশে চোঙাকৃতি হাপরের (Hopper)

সাহায্যে ক্যালসিয়াম ফসফেট, বালুকা ও কার্বন-চূর্ণের মিশ্রণ চুল্লীতে প্রবেশ করানো হয়। চুল্লীর গহ্বরের নিম্নাংশে এক পার্শ্বে গলিত ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতুমল নিষ্কাশনে একটি নল থাকে এবং চুল্লীর গহ্বরের উপরের দিকে এক পার্শ্বে ফসফরাস-বাষ্প (এবং কার্বন মনক্সাইড) নির্গমনের একটি নির্গম-নল থাকে (পার্শ্বের চিত্র দ্রষ্টব্য)। নির্গম-নলের শেষপ্রান্ত একটি সংগ্রাহক-পাত্রে জলের নিম্নে অবস্থিত থাকে।

চিত্র : তড়িৎপদ্ধতিতে সাদা ফসফরাসের শিল্পোৎপাদন

হাপরের মাধ্যমে চূর্ণীকৃত ফসফোরাইট খনিজ বা অস্থি-ভস্ম, বালুকা ও কার্বন-চূর্ণের মিশ্রণ চুল্লীর ভিতরে ঢালা হয় এবং তড়িৎদ্বারের সাহায্যে তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইয়া মিশ্রণটিকে 1200°–1500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। প্রায় 1200°C তাপমাত্রায় ক্যালসিয়াম ফসফেট ও সিলিকার বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফসফরাস পেণ্টক্সাইড গঠিত হয়; 1500°C তাপমাত্রায় ফসফরাস পেণ্টক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া কার্বন মনক্সাইড ও ফসফরাস-বাষ্প উৎপন্ন করে। কার্বন মনক্সাইড ও ফসফরাস-বাষ্পের মিশ্রণ নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া সংগ্রাহক-পাত্রে শীতল জলের মধ্যে প্রবেশ করে। এই স্থানে ফসফরাস-বাষ্প ঘনীভূত হইয়া কঠিনাকার শ্বেত ফসফরাসে পরিণত হয় এবং কার্বন মনক্সাইড গ্যাসরূপে বাহির হইয়া যায়। গলিত ক্যালসিয়াম সিলিকেট চুল্লীর নীচে জমা হয় এবং সেইখান হইতে নিষ্কাশন-নলের সাহায্যে উহাকে বাহির করিয়া দেওয়া হয়। এইরূপে অবিচ্ছিন্নভাবে ফসফরাস প্রস্তুত করা হয়।

বিশুদ্ধিকরণ : উপরোক্ত পদ্ধতিতে প্রাপ্ত শ্বেত ফসফরাসে কিছু কিছু অশুদ্ধি বর্তমান থাকে। উহাকে গরম জলের নীচে গলিত করিয়া পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণদ্বারা উত্তপ্ত করিলে কতকগুলি অশুদ্ধি জারিত হইয়া জলে দ্রবীভূত হয় এবং কতকগুলি জলের উপরে ভাসিয়া উঠে। গলিত ফসফরাসকে পৃথক্ করিয়া চাপের সাহায্যে উহাকে শ্যাময় চামড়ার (Chamois leather) ভিতর দিয়া পরিস্রুত করা হয় এবং ছোট ছোট দণ্ডের আকারে ঢালাই করা হয়।

[**ব্যবহার :** দিয়াশলাই প্রস্তুতিতে, পরীক্ষাগারে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে এবং বৈদ্যুতিক বাতির ভিতরে বায়ুশূন্যতা

সৃষ্টি করিতে লাল ফসফরাস ব্যবহার করা হয়। ফসফরাস পেণ্টক্সাইড ও লাল ফসফরাস প্রস্তুত করিতে, যুদ্ধক্ষেত্রে ধূমজাল সৃষ্টিতে বা অগ্নি-বোমা প্রস্তুতিতে, কীটনাশক ও ধাতুসংকর প্রস্তুতিতে শ্বেত ফসফরাস ব্যবহৃত হয়।

ফসফরাসের সংরক্ষণ ঃ শ্বেত ফসফরাস স্বাভাবিক তাপমাত্রায় বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জারিত হইয়া উহার অক্সাইডে পরিণত হয়। এই অক্সাইডগুলি অতি বিষাক্ত এবং উহারা সাদা ধোঁয়ার আকারে নির্গত হয়। শ্বেত ফসফরাসকে বায়ুর এইরূপ আক্রমণ হইতে রক্ষা করিবার জন্য উহাকে জলের নীচে রাখা হয়। লাল ফসফরাস বায়ু দ্বারা এইরূপে ক্রিয়ান্বিত হয় না। সুতরাং, ইহাকে সাধারণ পাত্রে রাখা যায়—জলের নীচে রাখিবার প্রয়োজন হয় না।]

(i) **লাল ফসফরাস শ্বেত ফসফরাস হইতে কম সক্রিয় ঃ** লাল ফসফরাসের রাসায়নিক সক্রিয়তা শ্বেত ফসফরাস হইতে অনেক কম। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি হইতে এই বিষয়ে সুনির্দিষ্ট প্রমাণ পাওয়া যায় ঃ

(ক) স্বাভাবিক তাপমাত্রায় বায়ুর সংস্পর্শে শ্বেত ফসফরাস তাপ ও আলোক বিকীরণ করিয়া জ্বলিয়া উঠে এবং এই প্রক্রিয়ায় উহা জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। কিন্তু, লাল ফসফরাস স্বাভাবিক তাপমাত্রায় বায়ুর সহিত কোনরূপ বিক্রিয়া না করিয়া সুস্থির থাকে।

(খ) স্বাভাবিক তাপমাত্রায় শ্বেত ফসফরাস ক্লোরিন গ্যাসের সংস্পর্শে আসিলে ইহা স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে। এই অবস্থায় শ্বেত ফসফরাসের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় PCl_3 ও PCl_5 উৎপন্ন হয় ঃ $P_4+6Cl_2=4PCl_3$; $P_4+10Cl_2=4PCl_5$. লাল ফসফরাস স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করে না। (বস্তুতঃ, 250°C তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে ক্লোরিনের সহিত লাল ফসফরাস ক্রিয়ান্বিত হয়।)

(গ) কঠিনাকার আয়োডিনকে শ্বেত ফসফরাসের সংস্পর্শে আনা হইলে স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ইহা জ্বলিয়া উঠিয়া PI_3 গঠন করে ঃ $P_4+6I_2=4PI_3$. কিন্তু, লাল ফসফরাস 250°C তাপমাত্রায় নিম্নে আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়া করে না।

(ii) **শ্বেত ফসফরাস ও লাল ফসফরাস একই মৌলের বিভিন্ন রূপভেদ ঃ**

(ক) সম-পরিমাণ বিশুদ্ধ শ্বেত ফসফরাস ও লাল ফসফরাসকে পৃথক্ পৃথক্ ভাবে লইয়া ঘন HNO_3 দ্বারা উত্তপ্ত করিলে উহারা সম্পূর্ণরূপে জারিত হইয়া প্রতি ক্ষেত্রেই অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিডের পরিমাণ প্রতিক্ষেত্রেই সমান হয়।

(খ) একই পরিমাণ বিশুদ্ধ শ্বেত ফসফরাস ও লাল ফসফরাস লইয়া পৃথক্ পৃথক্ ভাবে উহাদিগকে অতিরিক্ত পরিমাণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনে দহন করিলে উভয় ক্ষেত্রেই কেবলমাত্র ফসফরাস পেণ্টক্সাইড গঠিত হয়। প্রতি ক্ষেত্রেই দেখা যায় যে উৎপন্ন P_2O_5-এর পরিমাণ সমান।

(গ) নির্দিষ্ট পরিমাণ শ্বেত ফসফরাসকে আয়োডিন অনুঘটকের উপস্থিতিতে

বদ্ধ পাত্রে N_2 বা CO_2-এর মধ্যে 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা সম্পূর্ণরূপে লাল ফসফরাসে পরিণত হয়। পুনরায়, লাল ফসফরাসকে নিষ্ক্রিয় আবহাওয়ায় 550°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা বাষ্পীভূত হয়। এই বাষ্পকে দ্রুত শীতল করিলে উহা ঘনীভূত হইয়া সম্পূর্ণরূপে শ্বেত ফসফরাসে পরিণত হয়।

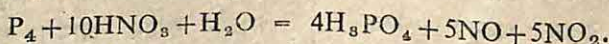
উপরোক্ত পরীক্ষাসমূহ হইতে প্রমাণিত হয় যে, লাল ও শ্বেত ফসফরাসে একমাত্র ফসফরাস ছাড়া অন্য কোন পদার্থ বর্তমান থাকে না। অতএব, উহারা একই মৌলের বিভিন্ন রূপভেদ মাত্র।

(b) **অর্থো-ফসফরাস অ্যাসিড প্রস্তুতি ঃ** ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড ও অক্সালিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিয়া অর্থো-ফসফরাস অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

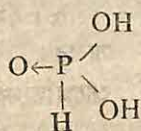
$$PCl_3 + \underset{\text{অক্সালিক অ্যাসিড}}{3(COOH)_2} = H_3PO_3 + 3CO + 3CO_2 + 3HCl$$

এই বিক্রিয়ায় গ্যাস-নির্গমন বন্ধ হইয়া যাইবার পর মিশ্রণটিকে 181°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া ঘন করা হয়। উৎপন্ন ঘন দ্রবণকে ঠাণ্ডা করিলে অর্থো-ফসফরাস অ্যাসিডের সাদা কেলাস গঠিত হয়। ইহাদিগকে তাড়াতাড়ি ছাঁকিয়া লইয়া শুষ্ক করা হয় এবং বদ্ধপাত্রে ঠাণ্ডা অবস্থায় রাখা হয়।

অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি ঃ লাল ফসফরাসকে ঘন HNO_3 সহ উত্তপ্ত করিয়া অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$P_4 + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2.$$

বিক্রিয়া-মিশ্রণে অল্প পরিমাণ আয়োডিন অনুঘটকরূপে মিশানো হয়। উত্তাপের ফলে লাল ফসফরাস সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইয়া গেলে দ্রবণটিকে 180°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইডদ্বয়কে দূরীভূত করা হয়। ইহার ফলে বর্ণহীন ঘনায়িত দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাকে ঠাণ্ডা অবস্থায় শোষকাধারে রাখিলে অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিডের বর্ণহীন কেলাস গঠিত হয়। ইহাদিগকে ছাঁকিয়া লইয়া শুষ্ক করা হয় এবং বদ্ধপাত্রে রাখা হয়।

(c) অর্থো-ফসফরাস অ্যাসিডের ক্ষারকীয়তা 2. অর্থো-ফসফরাস অ্যাসিড অণুতে 1টি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রত্যক্ষভাবে P-পরমাণুর সহিত যুক্ত ও অপর দুইটি $-OH$ গ্রুপ রূপে অবস্থিত। প্রথমোক্ত হাইড্রোজেনটি আয়নিত হয় না ; দ্বিতীয়োক্ত $-OH$ গ্রুপ-দ্বয়ের দুইটি হাইড্রোজেন রমাণু আয়নিত হয়। সেইজন্য H_3PO_3 দ্বি-ক্ষারিক অ্যাসিড রূপে আচরণ করে।

$$O \leftarrow \underset{\underset{H}{|}}{P} \begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown OH \end{matrix}$$

(H_3PO_3-এর গঠন-সংকেত)

অর্থো-ফসফরাস অ্যাসিডের প্রশম সোডিয়াম লবণের সংকেত Na_2HPO_3.

*প্রশ্ন। (a) হলুদ (শ্বেত) ফসফরাস ও লাল ফসফরাসের ধর্মের তুলনা কর।

(b) অর্থো-ফসফরাস অ্যাসিড ও অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিডের ধর্মের তুলনা কর।

(c) কারণ বর্ণনা কর:

(i) ফসফরাস প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না।

(ii) হলুদ (শ্বেত) ফসফরাসকে জলের নীচে রাখা হয়।

[(a) Compare the important properties of yellow (white) phosphorus and red phosphorus.

(b) Compare the properties of ortho-phosphorous acid and ortho-phosphoric acid.

(c) Explain why

(i) Phosphorus does not occur free in nature.

(ii) Yellow (white) phosphorus is stored under water.]

উঃ। (a) হলুদ ও লাল ফসফরাসের তুলনা

হলুদ ফসফরাস	লাল ফসফরাস
১। বর্ণহীন (সাদা বা ঈষৎ হলুদবর্ণের), রসুনের গন্ধযুক্ত কঠিন পদার্থ। ঘনত্ব = 1·84 গ্রাম / cc.; গলনাংক = 44·1°C. প্রায় 35° C তাপমাত্রায় বায়ুতে জ্বলিয়া উঠে। সাধারণ তাপমাত্রায় ধীরে ধীরে লাল ফসফরাসে পরিবর্তিত হয়।	১। কালচে লাল (মেরুন) বর্ণের গন্ধহীন কঠিন পদার্থ। ঘনত্ব = 2·2 গ্রাম / cc.; সঠিক গলনাংক নাই। স্বাভাবিক তাপমাত্রায় স্থায়ী। 500-600°C তাপমাত্রায় বাষ্পায়িত হয়।
২। অত্যন্ত বিষাক্ত।	২। বিষাক্ত নয়।
৩। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্য।	৩। জল ও কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য।
৪। সাধারণ তাপমাত্রায় বায়ুর সংস্পর্শে মৃদু দহনে সবুজ অনুপ্রভার সৃষ্টি করে।	৪। অনুপ্রভা নাই।
৫। অত্যন্ত সক্রিয় মৌল। সাধারণ তাপমাত্রায় ক্লোরিন ও আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়া করে।	৫। সক্রিয়তা অনেক কম। সাধারণ তাপমাত্রায় ক্লোরিন বা আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়া করে না।
৬। ঘন ক্ষারদ্রবণ সহ উত্তপ্ত করিলে ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।	৬। ক্ষারদ্রবণের সহিত ফুটাইলে কোনরূপ বিক্রিয়া হয় না।

(b) অর্থো-ফসফরাস অ্যাসিড ও অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিডের তুলনা

অর্থো-ফসফরাস অ্যাসিড	অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড
১। সাদা কেলাসাকার উদগ্রাহী যৌগ। জলে দ্রাব্য। গলনাংক 74°C.	১। সাদা কেলাসাকার উদগ্রাহী যৌগ। জলে দ্রাব্য। গলনাংক 42°C.
২। তীব্র উত্তাপে বিযোজিত হইয়া ফসফরিক অ্যাসিড ও ফসফিন গঠন করে ঃ $4H_3PO_3 = PH_3 + 3H_3PO_4$	২। ধীরে ধীরে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ইহা পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড, মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড এবং শেষ পর্যায়ে ফসফরাস পেণ্টক্সাইডে পরিণত হয় ঃ $2H_3PO_4 \rightarrow H_4P_2O_7 \rightarrow 2HPO_3 \rightarrow P_2O_5$
৩। ইহা দ্বি-ক্ষারিক অ্যাসিড। দুই ধরনের লবণ গঠন করে। যথা, Na_2HPO_3 (প্রশম লবণ) ও NaH_2PO_3 (অ্যাসিড লবণ)।	৩। ইহা ত্রি-ক্ষারিক অ্যাসিড। তিন ধরনের লবণ গঠন করে। যথা, Na_3PO_4 (প্রশম লবণ) এবং NaH_2PO_4 ও Na_2HPO_4 (অ্যাসিড লবণ)।
৪। ইহা তীব্র বিজারণ-ধর্মী। কপার সালফেট ও সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে বিজারিত করিয়া ইহা যথাক্রমে ধাতব কপার ও সিলভারে পরিণত করে। $2AgNO_3 + H_3PO_3 + H_2O = 2Ag + H_3PO_4 + 2HNO_3$. $CuSO_4 + H_3PO_3 + H_2O = Cu + H_3PO_4 + H_2SO_4$.	৪। বিজারণ ধর্ম নাই।

(c) (i) শ্বেত ফসফরাস অত্যন্ত সক্রিয় মৌল। ইহা স্বাভাবিক তাপমাত্রায় বায়ুর অক্সিজেনের সহিত ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করিয়া অক্সাইডে ও তৎপরে জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়ায় ফসফরাসের অ্যাসিডে পরিণত হয়। বায়ুমণ্ডলের জারক পরিবেশে উৎপন্ন অ্যাসিড ফসফরিক অ্যাসিডরূপে গঠিত হয়। মাটির ক্ষারের সহিত এই অ্যাসিড বিক্রিয়া করিয়া ধাতব ফসফেটে পরিণত হয়। সেই জন্য মৌলটিকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না।

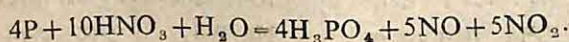
(ii) শ্বেত ফসফরাস সাধারণ তাপমাত্রায় বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জারিত হইয়া উহার অক্সাইডে পরিণত হয় (এই অক্সাইড বিষাক্ত)। শ্বেত ফসফরাসকে বায়ুর এইরূপ আক্রমণ হইতে রক্ষা করিবার জন্য উহাকে জলের নীচে রাখা হয়। [কিন্তু,

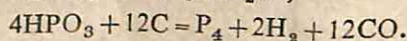
লাল ফসফরাস সাধারণ তাপমাত্রায় বায়ুর সহিত কোনরূপ বিক্রিয়া করে না। সেইজন্য লাল ফসফরাসকে জলের নীচে রাখিবার প্রয়োজন হয় না।]

* প্রশ্ন। ফসফরাস হইতে ফসফরিক অ্যাসিড এবং ফসফরিক অ্যাসিড হইতে ফসফরাস কিরূপে প্রস্তুত করিবে?

[How would you obtain phosphoric acid from phosphorus and vice-versa.]

উত্তর। ফসফরাস হইতে ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে লাল ফসফরাসকে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড সহ ফুটাইয়া ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। এই জারণ ক্রিয়া সুষ্ঠুভাবে সম্পন্ন করিতে অতি অল্প পরিমাণ আয়োডিন অনুঘটকরূপে ব্যবহার করা হয়। বিক্রিয়াশেষে সমস্ত ফসফরাস দ্রবীভূত হইয়া গেলে উৎপন্ন দ্রবণকে তাপ-প্রয়োগে বাষ্পায়িত করা হয়। যখন উত্তপ্ত দ্রবণের তাপমাত্রা 180°C-এ উপনীত হয়, তখন উহাকে নামাইয়া একটি শোষকাধারে রাখা হয়। শোষকাধারটিকে হিম-মিশ্রণে শীতল করিলে ফসফরিক অ্যাসিডের বর্ণহীন কেলাস পাওয়া যায়।

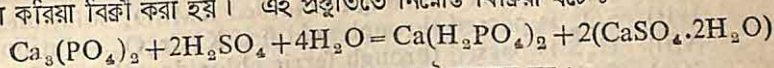
$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2.$$

ফসফরিক অ্যাসিড হইতে ফসফরাস প্রস্তুতি : ফসফরিক অ্যাসিডের সহিত অঙ্গার-চূর্ণ মিশ্রিত করিয়া, মিশ্রণকে তাপ-প্রয়োগে শুষ্ক করা হয়। ইহাতে ফসফরিক অ্যাসিড মেটা-ফসফরিক অ্যাসিডে (HPO_3) পরিণত হয়। অতঃপর শুষ্ক মিশ্রণটিকে তীব্র-ভাবে উত্তপ্ত করিলে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড কার্বন দ্বারা ফসফরাসে বিজারিত হয় এবং ফসফরাস-বাষ্প (CO ও H_2 সহ) বাহির হইয়া আসে। নির্গত বাষ্পকে জলের মধ্যে প্রবাহিত করিলে উহা ঘনীভূত হইয়া কঠিনাকার শ্বেত ফসফরাসে পরিণত হয় :

$$H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O\ ;$$
$$4HPO_3 + 12C = P_4 + 2H_2 + 12CO.$$

* প্রশ্ন। ক্যালসিয়াম সুপার-ফসফেট (বা, সুপার-ফসফেট অব্ লাইম) কাহাকে বলে? ইহার প্রস্তুতি-পদ্ধতি ও ব্যবহার লিখ।

[What is calcium superphosphate (or, Superphosphate of lime)? Describe its preparation and mention its uses.]

উত্তর। ক্যালসিয়াম সুপার-ফসফেট সাধারণতঃ মনো-ক্যালসিয়াম ফসফেট, $[Ca(H_2PO_4)_2]$, ও সোদক ক্যালসিয়াম সালফেটের $[CaSO_4 . 2H_2O]$ মিশ্রণ এবং ইহাতে অল্প পরিমাণ ডাই-ক্যালসিয়াম ফসফেটও [$CaHPO_4$ বা $Ca_2(HPO_4)_2$] মিশ্রিত থাকে। গুঁড়া ফসফরাইট খনিজের সহিত উহার ওজনের দুই-তৃতীয়াংশ পরিমাণ H_2SO_4(60 – 70%) মিশাইয়া মিশ্রণটিকে লৌহ-নির্মিত চৌবাচ্চায় আলোড়কের সাহায্যে অনেকক্ষণ আলোড়িত করা হয়। অতঃপর, ভিজা অবস্থায় এই মিশ্রণটিকে একটি বদ্ধ পাত্রে 10—12 ঘণ্টা রাখিয়া দেওয়া হয় (বদ্ধ পাত্রে গ্যাস নির্গমনের নল যুক্ত থাকে)। ইহার পর এই মিশ্রণটিকে প্রায় তিনমাস ফেলিয়া

রাখা হয়। এই সময়ের মধ্যে মিশ্রণটি সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক হইয়া যায়। শুষ্ক পদার্থকে গুঁড়া করিয়া বিক্রী করা হয়। এই প্রস্তুতিতে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া ঘটে ঃ

$$Ca_3(PO_4)_2+2H_2SO_4+4H_2O=Ca(H_2PO_4)_2+2(CaSO_4.2H_2O)$$

কৃষিক্ষেত্রে সার রূপে ক্যালসিয়াম সুপার-ফসফেট ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ৬। (a) পরীক্ষাগারে কিরূপে (i) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন এবং (ii) সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়?

(b) সালফার ডাই-অক্সাইডের দুইটি জারক ধর্ম ও দুইটি বিজারক ধর্মের উদাহরণ দাও।

(c) কপার সালফেটের অতি-অল্প আম্লিক দ্রবণের ভিতর দিয়া H_2S প্রবাহিত করিলে CuS অধঃক্ষিপ্ত হয় : কিন্তু অনুরূপ অবস্থায় জিংক সালফেট দ্রবণের ভিতর দিয়া H_2S প্রবাহিত করিলে ZnS অধঃক্ষিপ্ত হয় না। ইহার কারণ কি?

(d) কি ঘটে, যখন

(i) আম্লিক পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট-দ্রবণের ভিতর দিয়া SO_2 চালনা করা হয়?

(ii) আম্লিক পটাশিয়াম পার্ম্যাঙ্গানেট দ্রবণের ভিতর দিয়া SO_2 চালনা করা হয়?

(iii) ঘন HCl-দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইডের ভিতর দিয়া SO_2 চালনা করা হয়?

(iv) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া H_2S প্রবাহিত করা হয়?

(v) সালফার ডাই অক্সাইডের বিরঞ্জন-ক্রিয়া আলোচনা কর।

(vi) আম্লিক $KMnO_4$ দ্রবণে SO_2 চালনা করা হয়?

(vii) আম্লিক $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে SO_2 চালনা করা হয়?

(viii) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে H_2S চালনা করা হয়?

(ix) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন-জল মিশানো হয়?

(x) কস্টিক সোডা দ্রবণের ভিতর দিয়া SO_2 চালনা করা হয়?

[(a) How would you prepare sulphuretted hydrogen and sulphur dioxide in the laboratory?

(b) Illustrate two oxidising and two reducing properties of sulphur dioxide.

(c) Why H_2S can precipitate CuS when passed into copper sulphate solution, but cannot precipitate ZnS when passed into zinc sulphate solution acidified with very dilute mineral acid?

(d) What happen when :

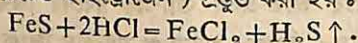
(i) SO_2 is passed into acidified potassium dichromate solution?

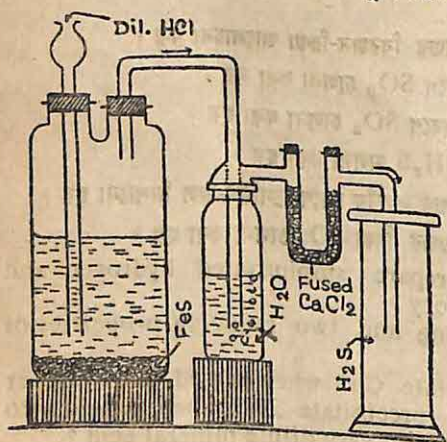
(ii) SO_2 is passed into acidified potassium permanganate solution?

(iii) SO_2 is passed into ferric chloride solution in concentrated HCl?

(iv) H_2S is passed into sulphur dioxide-water ?
(v) Discuss the bleaching action of sulphur dioxide.
(vi) SO_2 is passed through acidified $KMnO_4$ solution ?
(vii) SO_2 is passed through acidified $K_2Cr_2O_7$ solution ?
(viii) H_2S is passed through ferric chloride solution ?
(ix) Chlorine-water is added to sulphur dioxide-water ?
(x) SO_2 is bubbled through caustic soda solution ?]

উত্তর। পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সালফাইড (সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন) প্রস্তুতি ঃ নীতি ঃ স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ফেরাস সালফাইডের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সালফাইড (সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন) প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S\uparrow.$$

[প্রসঙ্গতঃ উল্লেখ্য যে, এই বিক্রিয়াটি জারণ-বিজারণ শ্রেণীর বিক্রিয়া নহে ; ইহা একটি সাধারণ দ্বি-পরিবর্ত বিক্রিয়া (Double decomposition)। কারণ, এই বিক্রিয়ায় উপাদান FeS যৌগে আয়রনের জারণ-সংখ্যা = +2 এবং উৎপন্ন $FeCl_2$ যৌগেও উহার জারণ-সংখ্যা = +2 ; উপাদান HCl যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা = +1 এবং উৎপন্ন H_2S যৌগেও উহার জারণ-সংখ্যা = +1. অর্থাৎ, এই বিক্রিয়ায় উপাদান পদার্থের কোন মৌলের জারণ-সংখ্যার মানের হ্রাস-বৃদ্ধি হয় নাই। অতএব, ইহা জারণ-বিজারণ শ্রেণীর বিক্রিয়া নহে।]

পদ্ধতি ঃ একটি কাচের উলফ্-বোতলে ফেরাস সালফাইডের কতকগুলি টুকরা লওয়া হয়। উলফ্ বোতলের একটি মুখে ছিপির সাহায্যে একটি দীর্ঘ-নল ফানেল ও অপর মুখে ছিপির সাহায্যে একটি নির্গম-নল যুক্ত করা হয়। [দীর্ঘ-নল ফানেলের শেষ প্রান্ত উলফ্-বোতলের প্রায়-তলদেশ পর্যন্ত প্রসারিত করা হয়।] প্রথমে কিছু জল ঢালিয়া দীর্ঘ-নল ফানেলের শেষপ্রান্ত জলের নীচে ডুবাইয়া রাখা হয়। ইহার পর ফানেলের ভিতর দিয়া লঘু HCl দ্রবণ ঢালিয়া দেওয়া হয়। ফেরাস সালফাইড লঘু HCl দ্রবণের সংস্পর্শে আসিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন করে এবং উহা নির্গম-নল দিয়া বাহির হইতে থাকে। ইহাকে গ্যাস-জারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণের দ্বারা সংগ্রহ করা যায়।

পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি

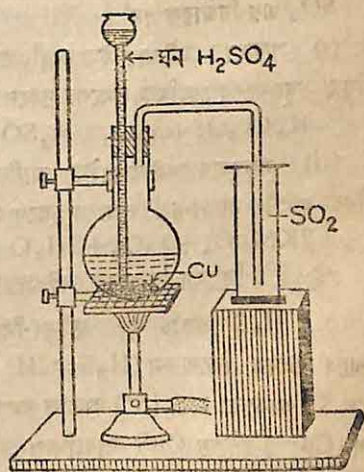
বিশুদ্ধিকরণ ঃ উপরোক্ত পদ্ধতিতে উৎপন্ন H_2S গ্যাসে সামান্য পরিমাণ অ্যাসিড-

বাষ্প, হাইড্রোজেন ও জলীয় বাষ্প বর্তমান থাকে। নির্গম-নল হইতে বাহির হইবার পর গ্যাসটিকে যথাক্রমে জল-পূর্ণ ওয়াশ-বোতলের ভিতর দিয়া এবং গলিত $CaCl_2$-পূর্ণ U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। অতঃপর এইরূপে বিশুদ্ধীকৃত গ্যাসকে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণের দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়। [এইরূপে বিশুদ্ধিকরণের ফলে H_2S-এর সহিত মিশ্রিত হাইড্রোজেন গ্যাস দূরীভূত হয় না। হাইড্রোজেন দূরীভূত করিতে হইলে উপরোক্ত শুষ্ক গ্যাসটিকে কঠিনাকার কার্বন ডাই-অক্সাইড (শুষ্ক বরফ) ও মিথাইল অ্যালকোহলের মিশ্রণের মধ্যে একটি U-নলে শীতল করা হয়। ইহাতে হাইড্রোজেন সালফাইড তরল হইয়া যায়। কিন্তু H_2 গ্যাসীয় অবস্থায় বাহির হইয়া যায়। তরল H_2S-কে পরে উষ্ণ করিলে উহা গ্যাসে পরিণত হয় এবং উহাকে যথারীতি গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি ঃ অ্যাণ্টিমনি সালফাইড (Sb_2S_3) ও ঘন HCl উত্তপ্ত করিয়া বিশুদ্ধ H_2S প্রস্তুত করা যায় ঃ $Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S$. উৎপন্ন গ্যাসকে জলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া উহাকে অ্যাসিড-বাষ্প হইতে মুক্ত করা হয় এবং পরে P_2O_5-পূর্ণ U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া শুষ্ক করা হয়। শুষ্ক ও বিশুদ্ধ H_2S গ্যাসকে যথারীতি সংগ্রহ করা হয়।

পরীক্ষাগারে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি ঃ

নীতি ঃ পরীক্ষাগারে কপার কুচিকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। ধাতব কপার সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে ঃ $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$.

পদ্ধতি ঃ একটি গোলতল কাচের ফ্লাস্কে খানিকটা কপার কুচি লওয়া হয়। ফ্লাস্কটির মুখে একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও একটি নির্গম-নলযুক্ত ছিপি আটকানো থাকে। বিন্দুপাতী নলের ভিতর দিয়া গাঢ় H_2SO_4 ঢালিয়া কপার কুচিকে ডুবাইয়া রাখা হয়। অতঃপর একটি তারজালের উপর ফ্লাস্কটি বসাইয়া উত্তপ্ত করিলে, নির্গম-নলের মাধ্যমে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস বাহির হইয়া আসে। নির্গত গ্যাসটিকে গাঢ় H_2SO_4-পূর্ণ একটি ওয়াশ-বোতলের (চিত্রে দেখানো নাই) ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া শুষ্ক করা হয় এবং বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণের দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।

পরীক্ষাগারে SO_2 প্রস্তুতি

উৎপন্ন গ্যাসে জলীয় বাষ্প ছাড়াও, অনেক সময় সালফার ট্রাই-অক্সাইড ও

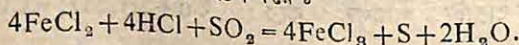
হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস অল্প পরিমাণে বর্তমান থাকে। সুতরাং, উৎপন্ন গ্যাসটিকে শুষ্ক করিয়া সংগ্রহ করিবার পূর্বে উহাকে লেড অ্যাসিটেট দ্রবণ-পূর্ণ একটি ওয়াশ-বোতলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। এইরূপে পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

স্বাভাবিক তাপমাত্রায় SO_2 প্রস্তুতি ঃ একটি কোণাকার ফ্লাস্কে বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-সালফাইট ($NaHSO_3$) চূর্ণ অবস্থায় লওয়া হয়। ফ্লাস্কটির মুখে ছিপির সাহায্যে একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও একটি নির্গম-নল লাগানো হয়। বিন্দুপাতী ফানেলের মধ্য দিয়া ফ্লাস্কের সোডিয়াম বাই-সালফাইটের উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ঘন H_2SO_4 ফেলিলে বিনা উত্তাপে SO_2 গ্যাস উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। নির্গত গ্যাসটিকে ঘন H_2SO_4 দ্বারা শুষ্ক করিয়া বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণের দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয় ঃ $NaHSO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O + SO_2$.

(b) **SO_2-এর জারক ধর্ম ঃ**

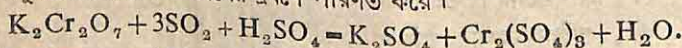
(i) হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণে SO_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে উহা H_2S-কে জারিত করিয়া সালফারে পরিণত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া সালফার গঠন করে ঃ $2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O$.

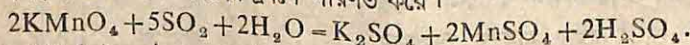
(ii) ঘন HCl দ্রবণে দ্রবীভূত ফেরাস ক্লোরাইডের ভিতর দিয়া SO_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে ফেরাস ক্লোরাইড জারিত হইয়া ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত হয় ও SO_2 বিজারিত হইয়া সালফার গঠন করে ঃ

$$4FeCl_2 + 4HCl + SO_2 = 4FeCl_3 + S + 2H_2O.$$

এই দুইটি বিক্রিয়া সালফার ডাই-অক্সাইডের জারক ধর্মের উদাহরণ।

SO_2-এর বিজারক ধর্ম ঃ

(i) সালফার ডাই-অক্সাইড অম্লীকৃত কমলা বর্ণের $K_2Cr_2O_7$-দ্রবণকে বিজারিত করিয়া সবুজবর্ণের ক্রোমিক লবণের দ্রবণে পরিণত করে।

$$K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O.$$

(ii) সালফার ডাই-অক্সাইড অম্লীকৃত বেগুনীবর্ণের $KMnO_4$-দ্রবণকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণের দ্রবণে পরিণত করে।

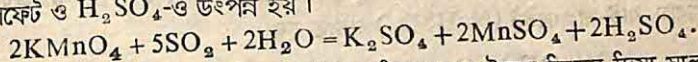
$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4.$$

এই দুইটি বিক্রিয়া সালফার ডাই-অক্সাইডের বিজারক ধর্মের উদাহরণ।

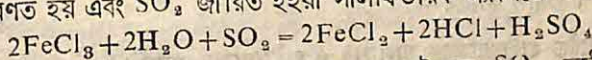
(c) H_2S একটি মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য। লঘু HCl-দ্রবণে সম-আয়নের (H^+) প্রভাবে উহার বিয়োজন ($H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^=$) অত্যন্ত কমিয়া যায় এবং ইহার ফলে দ্রবণে $S^=$ আয়নের মাত্রা $[S^=]$ অত্যন্ত অল্প হয়। এই অল্প $[S^=]$ দ্বারা কপার সালফেট দ্রবণ (Cu^{+2}) হইতে CuS অধঃক্ষিপ্ত হয়, কারণ CuS-এর দ্রাব্যতা-গুণফলের মান অত্যন্ত নিম্ন। দ্রবণস্থ $[Cu^{+2}]$ ও $[S^=]$-এর গুণফল CuS-এর দ্রাব্যতা গুণফল অতিক্রম করে বলিয়াই CuS অধঃক্ষিপ্ত হয়। কিন্তু, ZnS-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান

অপেক্ষাকৃত বেশী। উপরোক্ত আম্লিক দ্রবণে উপস্থিত $[S^{=}]$ দ্বারা উহার দ্রাব্যতা গুণফলের, $[Zn^{++}][S^{=}]$, মান অতিক্রান্ত হয় না। কাজেই জিংক সালফেটের লঘু আম্লিক দ্রবণ হইতে H_2S জিংক সালফাইডকে অধঃক্ষিপ্ত করিতে পারে না।

(d) (i) পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের কমলাবর্ণের আম্লিক দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে দ্রবণের বর্ণ সবুজ হইয়া যায়। বিজারকরূপে সালফার ডাই-অক্সাইড পটাশিয়াম ডাই-ক্রোমেটকে বিজারিত করিয়া ক্রোমিক লবণে পরিণত করে ও নিজে সালফেটরূপে জারিত হয়। এই বিক্রিয়ায় পটাশিয়াম সালফেট ও জলও গঠিত হয়। $K_2Cr_2O_7 + 3SO_4 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O.$

(ii) বেগুনীবর্ণের পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের আম্লিক দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া যায়। বিজারকরূপে সালফার ডাই-অক্সাইড পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণে পরিণত করে ও নিজে জারিত হইয়া সালফেটে পরিণত হয়। এই বিক্রিয়ায় পটাশিয়াম সালফেট ও H_2SO_4-ও উৎপন্ন হয়।

$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4.$$

(iii) ঘন HCl-দ্রবণে হলুদবর্ণের ফেরিক ক্লোরাইডের ভিতর দিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে $FeCl_3$ বিজারিত হইয়া প্রায় বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং SO_2 জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়ঃ

$$2FeCl_3 + 2H_2O + SO_2 = 2FeCl_2 + 2HCl + H_2SO_4$$

[কিন্তু, ঘন HCl-দ্রবণে ফেরাস ক্লোরাইডকে SO_2 জারিত করিয়া ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত করে ও নিজে বিজারিত হইয়া সালফার রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়ঃ $4FeCl_2 + 4HCl + SO_2 = 4FeCl_3 + 2H_2O + S.$]

(iv) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে H_2S গ্যাস প্রবাহিত করিলে, SO_2 জারকরূপে H_2S-কে জারিত করিয়া সালফারে পরিণত করে/এবং নিজেও বিজারিত হইয়া সালফারের অধঃক্ষেপ পড়েঃ $2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O.$

(v) **সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জক ধর্ম**ঃ সালফার ডাই-অক্সাইড মৃদু বিরঞ্জক। জলের উপস্থিতিতে ইহা অনেক বর্ণময় বস্তুকে (যথা, রঙীন ফুল, ম্যাজেণ্টা ইত্যাদি) বর্ণহীন করে। সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারণের সাহায্যে রঙীন বস্তুকে বিরঞ্জিত করে। জলের অবর্তমানে ইহার বিরঞ্জন-ক্ষমতা থাকে না। বিজ্ঞানীদের ধারণা যে, বিরঞ্জনের পূর্বমুহূর্তে SO_2 জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করেঃ $SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2H.$ এই জায়মান হাইড্রোজেনই প্রকৃত বিরঞ্জক এবং SO_2-এর বিরঞ্জক ধর্মের জন্য দায়ী।

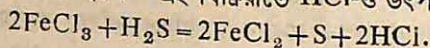
রঙীন বস্তু + H → বিজারিত বর্ণহীন বস্তু।

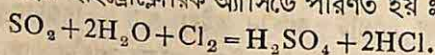
SO_2 দ্বারা বিরঞ্জিত বর্ণহীন বস্তু সাধারণতঃ বায়ুর অক্সিজেনের সংস্পর্শে জারিত হইয়া উহার পূর্ববর্ণে ফিরিয়া আসে। অর্থাৎ, SO_2 দ্বারা বিরঞ্জন সাধারণতঃ অস্থায়ী।

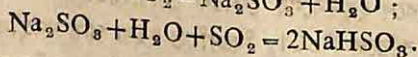
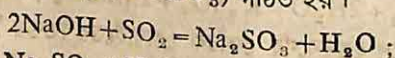
(vi) উপরে বর্ণিত (ii)নং বিক্রিয়া দেখ।

(vii) উপরে বর্ণিত (i) নং বিক্রিয়া দেখ।

(viii) ফেরিক ক্লোরাইডের হলুদ বর্ণের দ্রবণের ভিতর দিয়া H_2S গ্যাস প্রবাহিত করিলে দ্রবণটি প্রায়-বর্ণহীন হইয়া যায় ও একটি হলুদবর্ণের অধঃক্ষেপ (সালফার) পড়ে। H_2S ফেরিক ক্লোরাইডকে বিজারিত করিয়া ফেরাস ক্লোরাইড়ে পরিণত করে ও নিজে সালফার রূপে জারিত হয়। এই বিক্রিয়াতে HCl-ও উৎপন্ন হয় :

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + S + 2HCl.$$

(ix) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ক্লোরিন সালফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে ও নিজে বিজারিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় :

$$SO_2 + 2H_2O + Cl_2 = H_2SO_4 + 2HCl.$$

(x) কস্টিক সোডা দ্রবণে SO_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে উহা দ্রবণে শোষিত হয়। NaOH-এর সহিত SO_2-এর বিক্রিয়ায় প্রথমে সোডিয়াম সালফাইট (Na_2SO_3) ও পরে সোডিয়াম বাই-সালফাইট ($NaHSO_3$) গঠিত হয়।

$$2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3 + H_2O\ ;$$
$$Na_2SO_3 + H_2O + SO_2 = 2NaHSO_3.$$

* প্রশ্ন। কিরূপে প্রমাণ করিবে—

(i) **সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনে সালফার ও হাইড্রোজেন আছে।**

(ii) **সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন দ্বি-ক্ষারিক অ্যাসিড।**

(iii) **সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে।**

[How would you prove that, (i) Sulphuretted hydrogen contains sulphur and hydrogen : (ii) Sulphuretted hydrogen is a dibasic acid ; (iii) Sulphur dioxide contains sulphur.]

উত্তর। (i) ক্লোরিন-জলের ভিতর দিয়া H_2S গ্যাস প্রবাহিত করিলে হাল্কা-হলুদ বর্ণের সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপটি CS_2-এ দ্রবীভূত হয় এবং উহাকে শুষ্ক করিয়া দগ্ধ করিলে উহা নীলশিখায় জলিয়া শ্বাসরোধকারী, পোড়া-গন্ধকের গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস উৎপন্ন করে। উৎপন্ন গ্যাসটি অম্লীকৃত $K_2Cr_2O_7$-দ্রবণের কমলাবর্ণকে সবুজবর্ণে পরিণত করে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, অধঃক্ষিপ্ত পদার্থটি সালফার। সুতরাং, H_2S-এ সালফার বর্তমান।

(ii) একমুখ-বদ্ধ একটি বাঁকানো নলে পারদের উপর H_2S গ্যাস সংগ্রহ করিয়া নলটির অনুভূমিক অংশে একটুকরা টিন ধাতু রাখা হয়। নলের ভিতরের টিনের টুকরাকে উত্তপ্ত করিলে উহার সহিত H_2S-এর বিক্রিয়ায় বাদামীবর্ণের একটি কঠিনাকার পদার্থ গঠিত হয়। বিক্রিয়ার শেষে নলে যে-গ্যাসটি অবশিষ্ট থাকে, তাহাকে পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে উহা দাহ্য এবং নীলাভ শিখায় জলিয়া উহা জল গঠন করে। সুতরাং, গ্যাসটি হাইড্রোজেন এবং H_2S-এ হাইড্রোজেন বর্তমান।

(iii) শক্ত কাচের একটি পরীক্ষানলে সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ লইয়া নলটির খোলামুখ গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। দ্রবণসহ বন্ধ নলটিকে (sealed tube) 150°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করার ফলে নলের ভিতরে একটি কঠিনাকার হলুদবর্ণের পদার্থ সঞ্চিত হয়। বন্ধ নলটি ভাঙ্গিয়া উহার ভিতরের মিশ্রণকে পরিস্রুত করা হয় এবং হলুদবর্ণের অবশেষকে উত্তমরূপে জলদ্বারা ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হয়। এই অবশেষটি CS_2-এ অত্যন্ত দ্রাব্য। ইহাকে বায়ুতে দগ্ধ করিলে পোড়া গন্ধকের গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, শ্বাসরোধকারী একটি গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস আম্লিক $K_2Cr_2O_7$-দ্রবণের কমলা বর্ণকে সবুজবর্ণে পরিবর্তিত করে এবং বেগুনী বর্ণের আম্লিক $KMnO_4$-দ্রবণকে বর্ণহীন করে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, গ্যাসটি SO_2 ও হলুদবর্ণের অবশেষটি সালফার। সুতরাং, সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার বর্তমান।

*প্রশ্ন। কারণ বর্ণনা কর ঃ

(i) আর্দ্র H_2S-কে ঘন H_2SO_4 দ্বারা শুষ্ক করা হয় না।

(ii) FeS হইতে H_2S প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না।

(iii) H_2S একটি বিজারক দ্রব্য।

(iv) অজৈব লবণের শ্রেণী বিশ্লেষণে দ্বিতীয় গ্রুপে ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত করিতে দ্রবণকে নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত করা হয় না।

[Explain Why

(i) Moist H_2S gas is not dried by conc. H_2SO_4.

(ii) HNO_3 is not used in the preparation of H_2S from FeS.

(iii) H_2S is a reducing agent.

(iv) In the group analysis of inorganic salts, the solution for precipitating the metal sulphides in group II is not acidified with HNO_3.]

উত্তর। H_2S একটি বিজারক দ্রব্য ও ঘন H_2SO_4-এর জারক ধর্ম বর্তমান। সুতরাং, ঘন H_2SO_4 দ্বারা আর্দ্র H_2S-কে শুষ্ক করিতে গ্যাসটিকে ঘন H_2SO_4-এর ভিতর দিয়া পাঠাইবার সময় H_2S কিছু পরিমাণে জারিত হইয়া সালফারে পরিণত হইবে ও H_2SO_4 বিজারিত হইয়া SO_2 গঠন করিবে। ইহার ফলে, H_2S-এর অপচয় ঘটিবে এবং উহা SO_2-এর সহিত মিশ্রিত হইবে। সেই জন্য ঘন H_2SO_4 দ্বারা আর্দ্র H_2S-কে শুষ্ক করা হয় না।

(ii) নাইট্রিক অ্যাসিড জারক ; H_2S বিজারক। সুতরাং, নাইট্রিক অ্যাসিড H_2S-কে জারিত করিয়া সালফারে পরিণত করিবে। এই জন্য FeS হইতে H_2S প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না।

(iii) H_2S যৌগের H—S—H বন্ধন দুইটি খুব স্থিতিশীল নয়। ইহারা সহজেই বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন পরমাণু বাহির হইয়া আসে। এই হাইড্রোজেনই বিজারকের ভূমিকা পালন করে। সুতরাং, H_2S একটি বিজারক দ্রব্য।

(iv) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি শক্তিশালী জারক পদার্থ। ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডকে জারিত করিয়া মৌলিক সালফারে পরিণত করে। ধাতব আয়নের শ্রেণী-বিশ্লেষণের দ্বিতীয় শ্রেণীতে পরীক্ষণীয় নমুনার দ্রবণকে আম্লিক করিয়া উহার ভিতরে H_2S গ্যাস প্রবাহিত করিলে ঐ শ্রেণীর ধাতব আয়নগুলি উহাদের সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই প্রক্রিয়ায় ধাতব আয়নের দ্রবণকে নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লিক করিলে, প্রবাহিত H_2S-এর সহিত HNO_3-এর বিক্রিয়ায় সালফার অধঃক্ষিপ্ত হইবে। ফলে, (ক) দ্রবণে বর্তমান ধাতব আয়নকে অধঃক্ষিপ্ত করিবার জন্য প্রয়োজনীয় H_2S-এর অভাব হইবে, এমনকি, (খ) অধঃক্ষিপ্ত সালফারকে ধাতব সালফাইডরূপে ভ্রম হইতেও পারে। এই কারণে এই প্রক্রিয়ায় দ্রবণকে HNO_3 দ্বারা আম্লিক করা হয় না।

***প্রশ্ন। গুণগত রাসায়নিক বিশ্লেষণে বিজারকরূপে H_2S-এর ব্যবহার উদাহরণ সহ বর্ণনা কর। এই কার্যে ব্যবহৃত H_2S কিরূপে প্রস্তুত করা হয়?**

[Describe with examples, the use of H_2S as a reagent in the qualitative chemical analysis. How the gas, used for this purpose, is prepared ?]

উঃ। গুণগত অজৈব রাসায়নিক বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার ঃ

অনেক ধাতব লবণের দ্রবণের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই ধাতব সালফাইডগুলির অধঃক্ষেপণ নিয়ন্ত্রিত করে পরীক্ষণীয় দ্রবণের অম্লত্ব বা ক্ষারত্ব। আম্লিক দ্রবণে কতকগুলি ধাতব সালফাইড অদ্রাব্য হওয়ায় উহারা অধঃক্ষিপ্ত হয়, কিন্তু অন্যান্যগুলি দ্রাব্য বলিয়া উহারা অধঃক্ষিপ্ত হয় না। কিন্তু, পরীক্ষণীয় দ্রবণ ক্ষারীয় করিয়া উহাতে H_2S গ্যাস পরিচালিত করিলে আবার কতকগুলি ধাতুর সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষিপ্ত এই সকল ধাতব সালফাইড বিশিষ্ট বর্ণযুক্ত। সুতরাং, অধঃক্ষিপ্ত ধাতব সালফাইডের বর্ণ দেখিয়া উহা কোন ধাতুর লবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত হইয়াছে তাহা বুঝিতে পারা যায়। অর্থাৎ, পরীক্ষণীয় দ্রবণে অজ্ঞাত ধাতব আয়নকে সনাক্ত করা যায়। তবে, দ্রবণে কোন ধাতব লবণ একক অবস্থায় অবস্থান করিলেই অধঃক্ষিপ্ত ধাতব সালফাইডের বর্ণ দেখিয়া উহাকে সনাক্ত করা যায়। একাধিক ধাতুর সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হইলে উৎপন্ন অধঃক্ষেপের মিশ্র-বর্ণ হইতে সঠিকভাবে ধাতুগুলিকে সনাক্ত করিতে অসুবিধা দেখা দিতে পারে। তবে, ইহা সত্য যে, দ্রবণের অম্লত্ব ও ক্ষারত্ব অনুযায়ী কতকগুলি ধাতুকে (সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া) অন্য কতকগুলি ধাতু হইতে পৃথক্ করা যায় এবং ধাতব সালফাইডের মিশ্র-অধঃক্ষেপকে বিশেষ বিশেষ বিশ্লেষণী পন্থায় পরীক্ষা করিয়া উহা হইতে প্রতিটি ধাতুতে সনাক্ত করা সম্ভবপর হয়। H_2S দ্বারা অধঃক্ষিপ্ত ধাতব সালফাইডগুলি নিম্নরূপ ঃ

আম্লিক দ্রবণে অধঃক্ষেপ ঃ মার্কিউরিক সালফাইড (HgS, কালো বর্ণ) লেড সালফাইড (PbS, কালোবর্ণ), কপার সালফাইড (CuS, কালোবর্ণ), বিসমাথ সালফাইড (Bi_2S_3, কালোবর্ণ), ক্যাডমিয়াম সালফাইড (CbS, হলুদবর্ণ), স্ট্যানাস সালফাইড (SnS, বাদামী), আর্সেনিক সালফাইড (As_2S_3, হলুদবর্ণ) অ্যাণ্টিমনি সালফাইড (Sb_2S_3, কমলাবর্ণ)।

ক্ষারীয় দ্রবণে অধঃক্ষেপ ঃ ফেরাস সালফাইড (FeS, কালোবর্ণ), জিংক সালফাইড (ZnS, সাদাবর্ণ), ম্যাঙ্গানাস সালফাইড (MnS, হাল্কা-বাদামী বর্ণ), নিকেল সালফাইড (NiS, কালো বর্ণ), ও কোবাল্ট সালফাইড (CoS, কালো বর্ণ)।

ধাতব লবণের শ্রেণী-বিশ্লেষণে (Group analysis) প্রথম গ্রুপের ধাতুদিগকে প্রথমে সরাইয়া লইয়া লঘু HCl-দ্রবণে H_2S গ্যাস প্রবাহিত করিলে HgS, PbS, CuS; Bi_2S_3, CdS, As_2S_3, Sb_2S_3 ও SnS (বা SnS_2) অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাদিগকে ছাঁকিয়া পৃথক্ করিয়া বিশেষ বিশেষ পরীক্ষা দ্বারা প্রতিটিকে সনাক্ত করা হয়। পূর্ববর্তী (I, II ও IIIA) গ্রুপের ধাতুদিগকে সরাইয়া দিয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডযুক্ত অ্যামোনিয়াকৃত দ্রবণে H_2S গ্যাস প্রবাহিত করিলে ZnS, MnS, NiS ও CoS অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ ছাঁকিয়া লইয়া বিশেষ বিশেষ পরীক্ষা দ্বারা প্রতিটিকে সনাক্ত করা হয়। পরীক্ষণীয় অজানা লবণের নমুনার (যাহাতে সম্ভাব্য যে কোন একটি বা একাধিক ধাতব লবণ থাকিতে পারে) বিশ্লেষণে এইরূপে বিভিন্ন শ্রেণীতে ধাতব আয়নগুলিকে পৃথকীকরণ একটি মস্ত বড় সুবিধা। ইহাতে বিশ্লেষণ সহজ ও ত্বরান্বিত হয়।

ধাতব আয়নের শ্রেণী বিশ্লেষণে যে H_2S গ্যাস ব্যবহার করা হয়, তাহা কিপ্-যন্ত্রে ফেরাস সালফাইড ও লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন করা হয়। এই গ্যাসকে বিশুদ্ধ করার খুব বেশী প্রয়োজন হয় না, আংশিক জল-পূর্ণ একটি ওয়াশ-বোতলের ভিতর দিয়া উৎপন্ন গ্যাসকে প্রবাহিত করিয়া সরাসরি উহাকে পরীক্ষার কার্যে ব্যবহার করা হয়।

প্রশ্ন ৭। (a) ফ্লুরিনকে কিরূপে উহার লবণ হইতে প্রস্তুত করা হয়? জলের ভিতর দিয়া ফ্লুরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে কি ঘটে?

(b) KF-এর সহিত HF-এর বিক্রিয়ায় KHF_2 লবণ গঠিত হয়; কিন্তু KCl-এর সহিত HCl-এর বিক্রিয়ায় $KHCl_2$ লবণ গঠিত হয় না কেন?

(c) HCl, HBr ও HI-এর জলীয় দ্রবণের তুলনায় HF-এর জলীয় দ্রবণ মৃদুতর অ্যাসিড কেন?

(d) হ্যালোজেন মৌলগুলিকে উহাদের ক্রম-বর্ধমান জারণ-ক্ষমতা অনুসারে সাজাও।

(e) ব্রোমাইড ও আয়োডাইড যৌগের সহিত H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় HBr ও HI প্রস্তুত করা যায় না কেন?

(f) HCl গ্যাস আম্লিক নয়; কিন্তু ইহার জলীয় দ্রবণ তীব্র অম্ল কেন?

(g) ক্লোরিন-জলের বিরঞ্জক-ধর্ম ব্যাখ্যা কর।

[(a) How is fluorine isolated from its salts ? What happens when F_2 is bubbled through water ?

(b) KHF_2 is formed by the interaction of KF with HF, but KCl does not form $KHCl_2$ with HCl.—Why ?

(c) Aqueous HF is a weak acid compared to aqueous HCl, aqueous HBr and aqueous HI.—Why ?

(d) Arrange the halogens in the increasing order of oxidising power.

(e) Why HBr or HI cannot be prepared by the action of sulphuric acid on their salts ?

(f) HCl gas is not an acid but its aqueous solution is an acid. —Why ?

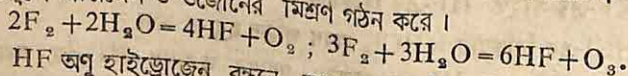
(g) Explain the bleaching action of chlorine-water.]

উঃ। KHF_2 হইতে ফ্লুরিন প্রস্তুতি : গলিত পটাশিয়াম বাই-ফ্লুরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া বর্তমানে ফ্লুরিন প্রস্তুত করা হয়। একটি V-আকৃতির কপারের পাত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। পাত্রটির বাহিরের পাত্রে নাইক্রোম-তার জড়াইয়া উহাকে 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। পাত্রটির দুইটি খোলামুখকে বেকেলাইটের ঢাকনি দিয়া বন্ধ করা হয় এবং ঐ ঢাকনীর ভিতর দিয়া দুইটি গ্র্যাফাইট-দণ্ড তড়িৎ-দ্বার রূপে প্রবেশ করানো থাকে। 12 ভোল্ট তড়িৎ-বিভবে 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িতের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পন্ন করা হয়। অ্যানোডে উৎপন্ন ফ্লুরিন গ্যাস প্রথমে পাত্রের কপারের সহিত ক্রিয়ান্বিত হইয়া পাত্রের গায়ে কপার ফ্লুরাইডের একটি আস্তরণ গঠন করে। এই আস্তরণ পাত্রটির অধিকতর ক্ষয় রোধ করে। অ্যানোডে উৎপন্ন ফ্লুরিন গ্যাসকে NaF দ্বারা ভর্তি দুইটি কপারের U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া HF হইতে মুক্ত করা হয় এবং স্টীলের সিলিণ্ডারে সংগ্রহ করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণে নিচের বিক্রিয়াগুলি সংঘটিত হইয়া ফ্লুরিন উৎপন্ন হয়। ইহাতে কেবল HF-ই তড়িৎ-বিশ্লেষিত হয় : $KHF_2 \rightleftharpoons K^+ + H^+ + 2F^-$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $2H^+ + 2e \rightarrow H_2 \uparrow$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $2F^- - 2e \rightarrow F_2 \uparrow$.

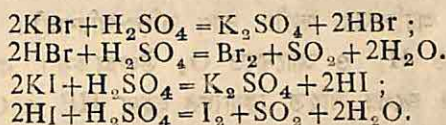
জলের সহিত ফ্লুরিনের বিক্রিয়া : সাধারণ তাপমাত্রায় জলের ভিতর দিয়া ফ্লুরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে উহা জলকে বিযোজিত করিয়া দ্রবণে হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড এবং গ্যাসরূপে অক্সিজেন ও ওজোনের মিশ্রণ গঠন করে।

$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2 \; ; \; 3F_2 + 3H_2O = 6HF + O_3.$$

(b) HF অণু হাইড্রোজেন বন্ধনে অংশগ্রহণ করিতে পারে। (ইহার কারণ ফ্লুরিন পরমাণুর অপরাধর্মিতার উচ্চ মান।) HF অণুর H পরমাণুটি KF অণুর ফ্লুরিন পরমাণুর সহিত হাইড্রোজেন বন্ধন স্থাপন করিয়া KF...HF বা KHF_2 অ্যাসিড লবণ গঠন করে। ক্লোরিনের অপরাধর্মিতার মান খুব উচ্চ না হওয়ায়, HCl অণুর H-পরমাণু হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করিতে পারে না। তাছাড়া, এই ক্লোরিন পরমাণুর বৃহত্তর আয়তনও হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের পরিপন্থী। এই দুইটি কারণেই HCl অণু KCl-এর সহিত হাইড্রোজেন বন্ধন স্থাপন করিয়া $KHCl_2$ অণু গঠন করিতে পারে না।

(c) হাইড্রোজেন বন্ধনের ফলে HF অণু সংগুণিত হইয়া $(HF)_n$ গঠন করে। এই কারণে ইহা জলীয় দ্রবণে অতি সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়। অন্যান্য হ্যালোজেন হাইড্র্যাসিডগুলি (যথা, HCl, HBr, ও HI) এইরূপ সংগুণিত অণু গঠন করে না। ফলে উহারা জলীয় দ্রবণে অধিক মাত্রায় বিয়োজিত হয়। সুতরাং, জলীয় দ্রবণে হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড, HCl, HBr ও HI অপেক্ষা মৃদুতর অ্যাসিডরূপে আচরণ করে।

(d) আয়োডিন→ব্রোমিন→ক্লোরিন→ফ্লুরিন।

(e) HBr কিছুটা বিজারণ-ধর্মী ও HI-এর বিজারণ-ধর্ম প্রবল। ঘন H_2SO_4 উত্তপ্ত অবস্থায় তীব্র জারক। সুতরাং, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণকে ঘন H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করিয়া HBr ও HI প্রস্তুত করিতে গেলে, উৎপন্ন অ্যাসিড দুইটি জারিত হইয়া যথাক্রমে Br_2 ও I_2 গঠন করিবে। সেই জন্য HBr ও HI-কে উহাদের লবণ হইতে ঘন H_2SO_4 দ্বারা প্রস্তুত করা যায় না।

$$2KBr + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HBr ;$$
$$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O.$$
$$2KI + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HI ;$$
$$2HI + H_2SO_4 = I_2 + SO_2 + 2H_2O.$$

(f) গ্যাসীয় অবস্থায় HCl একটি সমযোজী যৌগ ; এই অবস্থায় উহা H^+ও Cl^- আয়নে আয়নিত হয় না। কাজেই HCl গ্যাস আম্লিক নয়। কিন্তু, জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত অবস্থায় উহা সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়। সেই জন্য জলীয় দ্রবণে HCl-আম্লিক।

(g) ক্লোরিন একটি উত্তম বিরঞ্জক। কিন্তু, শুষ্ক অবস্থায় ইহার বিরঞ্জক ধর্ম অবর্তমান। কেবলমাত্র আর্দ্র অবস্থায় বা জলের উপস্থিতিতেই ইহা বিরঞ্জন করিতে পারে। জলের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন হয় : $Cl_2 + H_2O = 2HCl + O$. এই জায়মান অক্সিজেনই ক্লোরিনের বিরঞ্জন ক্ষমতার জন্য দায়ী। সুতরাং, ক্লোরিন জারণের সাহায্যে বিরঞ্জন করে।

জারণ যোগ্য জৈব রং+জায়মান অক্সিজেন→জারিত (বর্ণহীন) জৈব যৌগ। সুতরাং, যে সকল রং জারিত হইয়া বর্ণহীন হয় না, বা যে বর্ণময় বস্তুকে জায়মান অক্সিজেন জারিত করিত পারে না, ক্লোরিন তাহাদিগকে বিরঞ্জিত করিতে পারে না। উদাহরণস্বরূপ, কাঠপেন্সিলের শিস গ্র্যাফাইট (কার্বনের রূপভেদ) দ্বারা প্রস্তুত। অতএব, পেন্সিলের লেখা কার্বনের কণিকাদ্বারা লেখা। জায়মান অক্সিজেন স্বাভাবিক অবস্থায় গ্র্যাফাইটকে জারিত করিতে পারে না বলিয়া, কাঠপেন্সিলের লেখাকে ক্লোরিন বিরঞ্জিত করিতে পারে না। ছাপার কালি সম্পর্কে ইহা প্রযোজ্য। কালো ছাপার কালিতে সাধারণতঃ কার্বন থাকে। সুতরাং, ক্লোরিন কালো ছাপার লেখাকে বিরঞ্জিত করিতে পারে না।

***প্রশ্ন। ফ্লুরিন-প্রস্তুতির প্রারম্ভিক অসুবিধাগুলি কি ছিল? কিভাবে ঐ সকল অসুবিধা দূর করিয়া ফ্লুরিন প্রস্তুত করা হইয়াছিল?**

[What were the preliminary difficulties in the isolation of fluorine? How they were overcome and the halogen was isolated?]

উঃ। উৎস হইতে ফ্লুরিন প্রস্তুতির প্রারম্ভিক পর্যায়ে কতগুলি অসুবিধা দেখা দিয়াছিল এবং তাহার ফলে ফ্লুরিন প্রস্তুতিতে যথেষ্ট দেরী হয়। এই অসুবিধাগুলি নিচে বর্ণিত হইল ঃ

(১) ফ্লুরিন অত্যন্ত সক্রিয় মৌল। ইহা অন্য যে-কোন মৌলের সহিত ক্রিয়ান্বিত হয়; এমনকি যে বিক্রিয়া-পাত্রে ইহা প্রস্তুতির চেষ্টা করা হইয়াছিল, তাহারাও ফ্লুরিন দ্বারা আক্রান্ত হইয়াছিল।

(২) হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ফ্লুরিন-প্রস্তুতিতে নিম্নোক্ত অসুবিধা ছিল ঃ (ক) অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড তড়িৎ-পরিবহন করে না।

(খ) হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবাহী। কিন্তু, ইহার তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে H_2 ও অ্যানোডে O_2 উৎপন্ন হয়। কারণ, অ্যানোডে নির্মুক্ত ফ্লুরিন, সঙ্গে সঙ্গে জলের সহিত ক্রিয়ান্বিত হইয়া HF ও O_2 গঠন করে ঃ $2F_2+2H_2O=4HF+O_2\uparrow$.

(গ) তড়িৎ-দ্বাররূপে ব্যবহৃত ধাতুগুলি সহজেই উৎপন্ন ফ্লুরিনের ক্রিয়ায় ধাতব ফ্লুরাইড গঠন করিয়া ক্ষয়প্রাপ্ত হইত।

(৩) ফ্লুরিন অত্যন্ত বিষাক্ত গ্যাস। ইহা প্রস্তুত করিতে গিয়া বেশ কয়েকজন বিজ্ঞানী মৃত্যুমুখে পতিত হন।

(৪) অনার্দ্র HF অতিনিম্ন স্ফুটনাংকের তরল। ইহা লইয়া কাজ করিতে নিম্ন তাপমাত্রার প্রয়োজন। তৎকালে, নিম্নতাপমাত্রায় কাজ করিবার অসুবিধার জন্য অনার্দ্র HF লইয়া কাজ করা খুব সহজসাধ্য ছিল না।

1886 খৃষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী ময়সাঁ (Moissan) উপরোক্ত অসুবিধাগুলি দূর করিয়া ফ্লুরিন প্রস্তুত করিতে সমর্থ হন। তিনি নিম্নোক্ত উপায়গুলি অবলম্বন করিয়া এই কার্যে সাফল্য লাভ করেন ঃ

(১) তড়িৎ-বিশ্লেষণের পাত্র ও তড়িৎ-দ্বার প্রস্তুতিতে তিনি প্ল্যাটিনাম-ইরিডিয়াম ধাতু-সংকর ব্যবহার করেন। এই ধাতু-সংকর ফ্লুরিন দ্বারা কম আক্রান্ত হয়।

(২) অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডে KHF_2 লবণ দ্রবীভূত করিয়া তিনি উহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহার করেন। মিশ্রণটি তড়িতের উত্তম পরিবাহক এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণের কালে কেবলমাত্র HF যৌগটিই তড়িৎ-বিশ্লেষিত হয়।

(৩) $-23^\circ C$ তাপমাত্রায় (তরল মিথাইল ক্লোরাইডের তাপমাত্রায়) তড়িৎ-বিশ্লেষণ-পাত্রকে ঠাণ্ডা করিয়া তিনি উপরোক্ত মিশ্রণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করেন এবং ফ্লুরিন প্রস্তুত করেন।

*প্রশ্ন ঃ ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের প্রধান ধর্মগুলির তুলনা কর।
[Compare the important properties of F_2, Cl_2, Br_2 and I_2.]

উত্তর।

ধর্ম	ফ্লুরিন	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
১। প্রকৃতি	হাল্কা-সবুজাভ হলুদ বর্ণের গ্যাস।	সবুজাভ হলুদ বর্ণের গ্যাস।	লাল বর্ণের তরল।	ঘন বেগুনী (কালো) কেলাসাকার কঠিন পদার্থ।
২। জলে দ্রাব্যতা	জলকে বিযোজিত করিয়া HF, O_2 ও O_3 গঠন করে।	জলে দ্রাব্য।	জলে ক্লোরিন অপেক্ষা কম দ্রাব্য।	জলে প্রায়-অদ্রাব্য।
৩। রাসায়নিক সক্রিয়তা	অত্যন্ত সক্রিয়।	সক্রিয়।	ক্লোরিন অপেক্ষা কম সক্রিয়।	ব্রোমিন অপেক্ষা কম সক্রিয়।
৪। বিক্রিয়া ঃ				
(ক) হ্যালাইডের সহিত	অন্য হ্যালোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে।	ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে Br_2 ও I_2-কে প্রতিস্থাপিত করে।	আয়োডাইড হইতে I_2-কে প্রতিস্থাপিত করে; কিন্তু ক্লোরাইড হইতে Cl_2-কে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না।	অন্য কোন হ্যালাইড হইতে হ্যালোজেনকে প্রতিস্থাপি[illegible] করিতে পারে না।
(খ) হাইড্রোজেনের সহিত	অন্ধকারেও বিস্ফোরণসহ সংযুক্ত হয়।	তাপপ্রভাবে বা আলোকের প্রভাবে সংযুক্ত হয়।	তাপপ্রভাবে সংযুক্ত হয়।	অনুঘটকের উপস্থিতি[illegible] তাপপ্রভাবে সংযুক্ত হয়।

ধর্ম	ফ্লুরিন	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
(গ) ক্ষারদ্রবণের সহিত	লঘু ক্ষারদ্রবণের সহিত ক্ষার-ধাতুর ফ্লুরাইড ও F_2O গঠন করে। ঘন ক্ষারদ্রবণের সহিত ক্ষার ধাতুর ফ্লুরাইড ও O_2 উৎপন্ন হয়।	লঘু ক্ষারদ্রবণের সহিত ঠাণ্ডা অবস্থায় ক্লোরাইড ও হাইপো-ক্লোরাইট উৎপন্ন হয়। ঘন ও উষ্ণ ক্ষারদ্রবণের সহিত ক্লোরাইড ও ক্লোরেট উৎপন্ন হয়।	লঘু ক্ষারদ্রবণের সহিত ঠাণ্ডা অবস্থায় ব্রোমাইড ও হাইপো-ব্রোমাইট উৎপন্ন হয়। ঘন উষ্ণ ক্ষারদ্রবণের সহিত ব্রোমাইড ও ব্রোমেট উৎপন্ন হয়।	লঘু ক্ষারদ্রবণের সহিত ঠাণ্ডা অবস্থায় আয়োডাইড ও হাইপো-আয়োডাইট গঠিত হয়। ঘন ও উষ্ণ ক্ষারদ্রবণের সহিত আয়োডাইড ও আয়োডেট গঠিত হয়।
(ঘ) স্টার্চ দ্রবণের সহিত	কোন বর্ণ উৎপন্ন হয় না।	কোন বর্ণ উৎপন্ন হয় না।	লাল দ্রবণ কমলাবর্ণ ধারণ করে।	নীল বর্ণ উৎপন্ন হয়।
৫। জারক ধর্ম	অতি তীব্র জারক।	তীব্র জারক।	জারক ধর্ম Cl_2 অপেক্ষা কম কিন্তু I_2 অপেক্ষা বেশী।	অতি মৃদু জারক।
৬। বিরঞ্জক ধর্ম	বর্ণময় বস্তুকে বিযোজিত করিয়া নষ্ট করে।	উদ্ভিজ্জ রংকে বর্ণহীন করে।	মৃদু বিরঞ্জক ধর্ম বর্তমান।	বিরঞ্জক ধর্ম নাই।

প্রশ্ন ৮। কি ঘটে, যখন

(i) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করা হয় ?

(ii) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করা হয় ?

(iii) লঘু ও শীতল এবং ঘন ও উত্তপ্ত ক্ষারদ্রবণের (NaOH) ভিতর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করা হয় ?

(iv) পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালা হয় ?

(v) জিপসাম-চূর্ণের জলীয় প্রলম্বনের ভিতর দিয়া একযোগে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড পাঠানো হয় ?

(vi) পটাশিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে ধীরে ধীরে অধিক পরিমাণে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করা হয় ?

(vii) 40°C তাপমাত্রার নিম্নে কলিচুনের ভিতর দিয়া শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস পাঠানো হয় ?

(viii) উত্তপ্ত লৌহ-চূর্ণ ও লাল-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া পৃথক্ পৃথক্ ভাবে অতি-তপ্ত স্টীম পাঠানো হয় ?

[What happens, when :

(i) Chlorine is passed through sulphur dioxide-water ?

(ii) Chlorine is bubbled through aqueous sulphuretted hydrogen ?

(iii) Chlorine is passed through (a) cold and dilute alkali, (b) hot and concentrated alkali ?

(iv) Conc. hydrochloric acid is added drop-wise to potassium permanganate ?

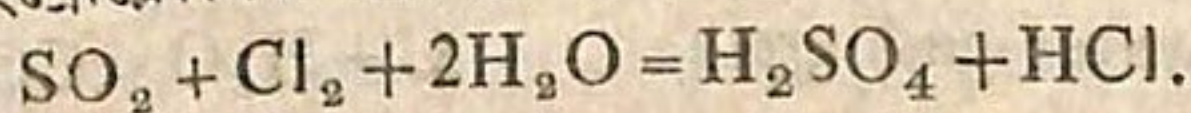
(v) Ammonia and carbon dioxide are passed through a suspension of gypsum in water ?

(vi) Chlorine is passed progressively through a potassium iodide solution ?

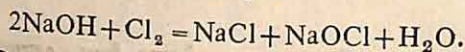
(vii) Dry chlorine is passed through slaked lime at a temperature lower than 40°C ?

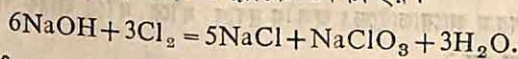
(viii) Superheated steam is passed over (a) heated iron powder, (b) red-hot carbon ?]

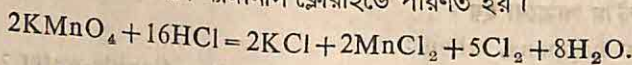
উত্তর। (i) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া Cl_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে SO_2 জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় ও ক্লোরিন বিজারিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠন করে :

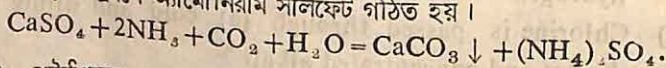
$$SO_2 + Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + HCl.$$

(ii) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের জলীয় দ্রবণে Cl_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে হাল্কা হলুদ বর্ণের সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে HCl উৎপন্ন হয়। ক্লোরিন H_2S-কে জারিত করিয়া সালফারে পরিণত করে ও নিজে HCl রূপে বিজারিত হয়ঃ $H_2S + Cl_2 = S\downarrow + 2HCl$.

(iii) (a) লঘু ও শীতল ক্ষার দ্রবণের ভিতর দিয়া ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে ক্ষার ধাতুর ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়ঃ

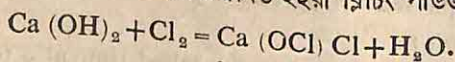
$$2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaOCl + H_2O.$$

(b) ঘন ও উত্তপ্ত ক্ষারদ্রবণের ভিতর দিয়া অতিরিক্ত পরিমাণ ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ক্ষারধাতুর ক্লোরাইড ও ক্লোরেট উৎপন্ন হয়।

$$6NaOH + 3Cl_2 = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O.$$

(iv) পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ঘন HCl ঢালিলে ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয় এবং দ্রবণে পটাশিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড(ও জল) উৎপন্ন হয়। পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট সাধারণ তাপমাত্রায় HCl-কে জারিত করিয়া ক্লোরিনে পরিণত করে ও নিজে ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

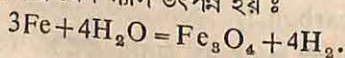
$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O.$$

(v) সূক্ষ্ম জিপসাম চূর্ণের জলীয় প্রলম্বনের ভিতর দিয়া একযোগে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে সাদা বর্ণের ক্যালসিয়াম কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পড়ে ও দ্রবণে অ্যামোনিয়াম সালফেট গঠিত হয়।

$$CaSO_4 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O = CaCO_3\downarrow + (NH_4)_2SO_4.$$

(vi) পটাশিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে Cl_2 গ্যাস প্রবাহিত করিলে আয়োডিন নির্মুক্ত হয় এবং দ্রবণে KCl গঠিত হয়। ফলে, দ্রবণের বর্ণ বাদামী হয়ঃ $2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$.

(vii) 40°C তাপমাত্রার নিচ কিঞ্চিৎ আর্দ্র কলিচুনের ভিতর দিয়া শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে গ্যাসটি শোষিত হইয়া ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন হয়ঃ

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O.$$

(ব্লিচিং পাউডার)

(viii) (a) উত্তপ্ত লৌহ-চূর্ণের উপর দিয়া অতি-তপ্ত স্টীম প্রবাহিত করিলে ট্রাই-ফেরিক টেট্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়ঃ

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2.$$

(b) লাল-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া অতি-তপ্ত স্টীম প্রবাহিত করিলে কার্বন-মনক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাসের সম-আণবিক পরিমাণের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। এই মিশ্রণকে উদক্ গ্যাস (water gas) বলে। $C + H_2O = CO + H_2$.

1400°C

প্রশ্ন ৯। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির শিল্পোৎপাদনের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও :

(a) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি।
(b) হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি।
(c) অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি।
(d) কোল গ্যাস প্রস্তুতি।

[উৎপাদনে ব্যবহৃত কাঁচা মাল, উহাদের উৎস, অনুঘটক-নিষ্ক্রিয়কারক পদার্থ ও উহা দূরীকরণ উল্লেখ করিবে।]

[Give an outline of the manufacture of the following :

(a) Sulphuric acid by Contact process.
(b) Ammonia by Haber's Process.
(c) Nitric acid by Ostwald's Process.
(d) Coal gas.

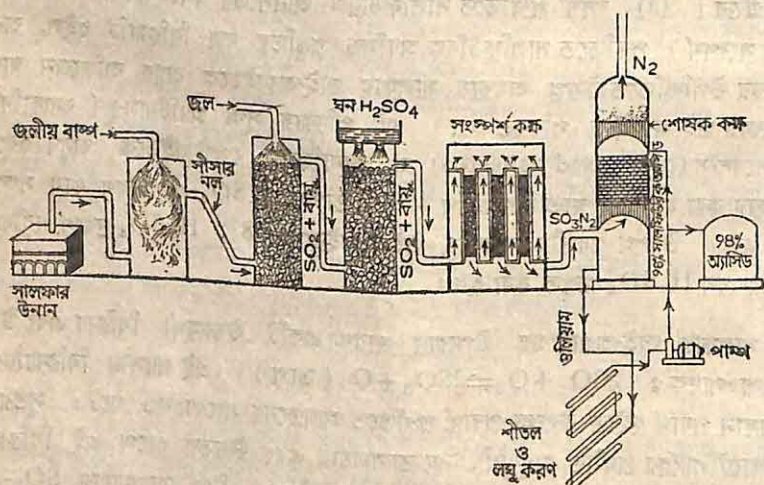
(Mention the raw materials, their sources and the catalyst-poisons and their removal.)]

উত্তর। (a) **স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন :** স্পর্শ (বা সংস্পর্শ) পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির মূল বিক্রিয়াটি হইল, অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত অবস্থায় সালফার ডাই-অক্সাইডকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করা। এই প্রক্রিয়ায় সূক্ষ্ম প্ল্যাটিনাম-চূর্ণ আচ্ছাদিত অ্যাসবেস্টস (platinised asbestos) বা ভ্যানাডিয়াম পেণ্টক্সাইডকে অনুঘটকরূপে ব্যবহার করা হয় এবং স্বাভাবিক চাপে 450°C তাপমাত্রায় SO_2-এর জারণ কার্য সম্পন্ন করা হয়। উৎপন্ন গ্যাসীয় সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে 98% H_2SO_4-দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া ঘন H_2SO_4 প্রস্তুত করা হয়।

সালফার ডাই-অক্সাইডের উপরোক্ত জারণ একটি উভয়মুখী বিক্রিয়া এবং উহা তাপোৎপাদক : $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+Q$ (তাপ)। এই গ্যাসীয় বিক্রিয়াটিতে উপাদান পদার্থ হইতে উৎপন্ন পদার্থ প্রস্তুতিতে আয়তনের সংকোচনও ঘটে। সুতরাং, লা শাটেলিয়রের প্রণীত অনুযায়ী, নিম্ন তাপমাত্রায় এবং উচ্চতর চাপে এই বিক্রিয়ায় সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপাদন বৃদ্ধি পাওয়া উচিত। নিম্ন তাপমাত্রায় SO_2-এর উৎপাদন বৃদ্ধি পায় বটে, কিন্তু ঐ অবস্থায় বিক্রিয়াটির গতি অত্যন্ত মন্থর হইয়া পড়ে। অর্থাৎ, বিক্রিয়াটি সংঘটিত হইতে যথেষ্ট সময়ের প্রয়োজন হয়। পক্ষান্তরে, উচ্চ তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির গতি দ্রুততর হইলেও ঐ অবস্থায় উৎপন্ন SO_3 অধিক পরিমাণে বিশ্লিষ্ট হইয়া পুনরায় SO_2 গঠন করে। সেইজন্য, অনেক পরীক্ষা-নিরীক্ষার পরে বিজ্ঞানীরা এই সংশ্লেষণের একটি উপযোগী তাপমাত্রা (optimum temperature)

নির্ণয় করিয়াছেন। এই তাপমাত্রাটি হইল 450°C ; এই তাপমাত্রায়ই বিক্রিয়াটি সংঘটিত করা হয় এবং ইহার ফলে SO_3-এর উৎপাদনও বেশ ভাল (≃92%) হয় এবং উহা বেশ তাড়াতাড়ি সংঘটিত হয়। লা শাটেলিয়রের প্রণীত অনুযায়ী, চাপ বৃদ্ধি করিলে এই বিক্রিয়ায় SO_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধির সম্ভাবনা থাকে। কিন্তু, উপরোক্ত অবস্থায় বিক্রিয়াটি প্রায় সম্পূর্ণতা লাভ করে বলিয়া এই ক্ষেত্রে অধিকতর চাপ-প্রয়োগ প্রয়োজন হয় না এবং স্বাভাবিক (বায়ুমণ্ডলীয়) চাপেই বিক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়। কিন্তু, এই বিক্রিয়ায় অক্সিজেনের (বায়ুর) পরিমাণ সর্বদা অতিরিক্ত রাখা হয়।

বিক্রিয়মান গ্যাস-মিশ্রণে ধূলিকণা, আর্সেনিয়াস অক্সাইড প্রভৃতি অপদ্রব্য প্ল্যাটিনাম-অনুঘটকের বিষরূপে উহার কার্যকারিতা নষ্ট করিয়া দেয়। ঐ অপদ্রব্যগুলিকে পরবর্তী অংশে বর্ণিত উপায়ে দূরীভূত করা হয়।

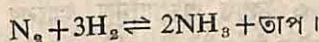
পদ্ধতি ঃ পর্যাপ্ত বায়ু-প্রবাহে পাইরাইটিস চুল্লিতে আয়রন পাইরাইটিস বা সালফার দহন করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় ঃ $4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$; $S + O_2 = SO_2$. পাইরাইটিস-চুল্লী হইতে নির্গত গ্যাস-মিশ্রণে প্রায় 8% SO_2, 10% O_2 এবং অবশিষ্টাংশ N_2 থাকে। এই গ্যাস-মিশ্রণকে প্রথমে একটি ধূলি-রোধক কক্ষের (Dust Chamber) ভিতর দিয়া পাঠানো হয়। এই কক্ষে বৈদ্যুতিক উপায়ে গ্যাস-মিশ্রণ হইতে ভাসমান ধূলিকণা (বায়ু হইতে আগত) ও সূক্ষ্ম আয়রন অক্সাইড

স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন

চূর্ণ (পাইরাইটিসের দহনের ফলে উৎপন্ন) পৃথক্ করা হয়। এই কক্ষ হইতে নির্গত গ্যাস-মিশ্রণটি কোক-পূর্ণ একটি স্তম্ভের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয়। এই স্তম্ভের উপর হইতে সূক্ষ্মধারায় ঘন H_2SO_4 ঝরানো হয়। এই স্তম্ভে গ্যাস-মিশ্রণে অবস্থিত আর্সেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) অপসারিত হয় (পাইরাইটিস

হইতে এই অশুদ্ধিটি আসে) এবং গ্যাস-মিশ্রণটি শুষ্ক হয় ; এইরূপে শুষ্ক ও বিশুদ্ধিকৃত গ্যাস-মিশ্রণকে বিক্রিয়া-কক্ষে 450°C তাপমাত্রায় রক্ষিত অনুঘটক-পূর্ণ লৌহ-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। [লৌহ-নলে প্রবেশ করিবার পূর্বে গ্যাস-মিশ্রণটি উহাদের চারিদিকে প্রবাহিত হইয়া উত্তপ্ত হয়। বিক্রিয়ার প্রারম্ভে বৈদ্যুতিক উপায়ে অনুঘটককে উত্তপ্ত করা হয়। কিন্তু, বিক্রিয়া আরম্ভ হইবার পরে, বিক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপে ও বহির্গামী উত্তপ্ত SO_3 ও N_2 গ্যাসের সংস্পর্শে অনুঘটক-কক্ষ উপযুক্ত তাপমাত্রায় রক্ষিত হয়—বাহির হইতে (বৈদ্যুতিক উপায়ে) উত্তপ্ত করিবার প্রয়োজন আর হয় না।] অনুঘটক কক্ষে SO_2 বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত গ্যাস-মিশ্রণকে (ইহাতে SO_3 ও N_2 থাকে) 98% H_2SO_4-পূর্ণ শোষক-পাত্রে পাঠানো হয়। এই অ্যাসিডে অবস্থিত জলের সহিত যুক্ত হইয়া SO_3 সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। শোষক-পাত্রে লঘু H_2SO_4 বা জলপ্রবাহ এইরূপে নিয়ন্ত্রিত করা হয়, যাহাতে উহার মাত্রা সর্বদা 98% থাকে। এই পাত্রে লঘু H_2SO_4 বা জল প্রয়োজনমত না মিশাইলে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডে SO_3 দ্রবীভূত হইয়া ধূমায়মান H_2SO_4 বা ওলিয়াম (oleum) প্রস্তুত হয়। উহাতে প্রয়োজনমত জল মিশাইয়া বিভিন্ন মাত্রার H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়।

(b) হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন ঃ

550°C তাপমাত্রায় ও 200 বায়ু-চাপে উপযুক্ত অনুঘটকের বর্তমানে 1 আয়তন নাইট্রোজেন ও 3 আয়তন হাইড্রোজেনের সরাসরি সংযুক্তি ঘটাইয়া হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন করা হয়। অনুঘটকরূপে Al_2O_3 ও K_2O-মিশ্রিত বিশুদ্ধ লৌহচূর্ণ এবং প্রভাবকরূপে মলিবডেনাম-চূর্ণ ব্যবহার করা হয়। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত নাইট্রোজেন তরল বায়ু হইতে পাওয়া যায় এবং প্রয়োজনীয় হাইড্রোজেন ওয়াটার গ্যাস (water gas) হইতে প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতিতে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া সংঘটিত হয় ঃ

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + \text{তাপ}।$$

1 আয়তন নাইট্রোজেন ও 3 আয়তন হাইড্রোজেনকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অবস্থায় বায়ু-চাপক যন্ত্রের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া উহার উপর 200 বায়ু-চাপ প্রয়োগ করা হয়। এই চাপ-যুক্ত গ্যাস-মিশ্রণকে 550°C তাপমাত্রায় রক্ষিত অনুঘটক-কক্ষের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। বিক্রিয়ার প্রারম্ভে অনুঘটক-কক্ষটিকে তড়িতের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। কিন্তু, তাপোৎপাদক বিক্রিয়াটি আরম্ভ হইলে বাহির হইতে তাপ-প্রয়োগের আর প্রয়োজন হয় না ; বিক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপই অনুঘটককে উপযুক্ত তাপ-মাত্রায় উত্তপ্ত রাখে। অনুঘটক-কক্ষের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার কালে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন ক্রিয়ান্বিত হইয়া প্রায় 12% আয়তন পরিমাণে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন অ্যামোনিয়া ও অবিকৃত N_2 ও H_2-এর মিশ্রণকে হিমায়কের ভিতর দিয়া

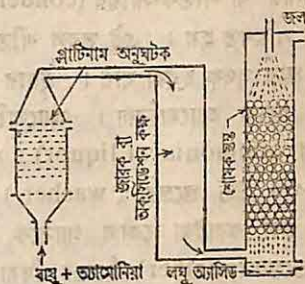
প্রবাহিত করিয়া একটি নির্গম-নলের সূচীছিদ্রের ভিতর দিয়া বাহির করিয়া দেওয়া হয় এবং জুল্-টম্‌সন প্রক্রিয়ার প্রভাবে অ্যামোনিয়াকে তরলিত করিয়া অবশিষ্ট N_2 ও H_2-কে পাম্পের সাহায্যে সরাইয়া দেওয়া হয় এবং উহাদিগকে নূতন গ্যাস-মিশ্রণের সহিত পুনরায় উপরোক্ত পদ্ধতিতে অনুঘটক-কক্ষে প্রেরণ করা হয়। এই পন্থায় অবিরতভাবে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

[উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে উপরি-উক্ত পদ্ধতিতে তরলে পরিণত না করিয়া, অনেক সময় উহাকে একটি পাত্রে জলের মধ্যে দ্রবীভূত করা হয়। অ্যামোনিয়া জলে অত্যন্ত দ্রাব্য হওয়ায় উহা সম্পূর্ণরূপে জলে দ্রবীভূত হয় এবং অবিকৃত N_2 ও H_2-কে পাম্পের সাহায্যে পুনরায় নূতন গ্যাস-মিশ্রণের সহিত মিশাইয়া কাজে লাগানো হয়। এইরূপে অ্যামোনিয়ার একটি গাঢ় জলীয় দ্রবণ (লাইকার অ্যামোনিয়া, Liquor ammonia) পাওয়া যায়।]

(c) **অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন :**

নীতি : প্রায় 800°C তাপমাত্রায় প্ল্যাটিনাম তারজাল অনুঘটকের সংস্পর্শে শুষ্ক অ্যামোনিয়াকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইডে জারিত করা হয় : $4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O +$ তাপ। উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইডকে শীতল করিয়া প্রায় স্বাভাবিক তাপমাত্রায় আনিলে উহা উদ্বৃত্ত বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় : $2NO + O_2 = 2NO_2$. নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডকে জলে শোষিত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায় : $2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$; $3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$. [নাইট্রাস অ্যাসিডের বিয়োজনে উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড পুনরায় বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে জারিত হইয়া পরে জলে শোষিত হয় এবং এই বিক্রিয়া চক্রাকারে চলিতে থাকে ।]

পদ্ধতি : 1 আয়তন শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত 7·5 আয়তন শুষ্ক, পরিষ্কার ও বিশুদ্ধ বায়ু মিশাইয়া মিশ্রণটিকে একটি অ্যালুমিনিয়ামের তৈরী ড্রামের মধ্যে আড়াআড়িভাবে লাগানো প্ল্যাটিনামের তারজালের ভিতর দিয়া অতি দ্রুতগতিতে প্রবাহিত করা হয়। তড়িতের সাহায্যে প্ল্যাটিনামের তারজালকে প্রথম দিকে প্রায় 800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় ; কিন্তু, জারণ-বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদক হওয়ার জন্য অল্প সময় পরেই বিক্রিয়ায় উদ্ভূত তাপই তারজালকে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় রাখে, তড়িতের সাহায্যে উহাকে আর উত্তপ্ত করিবার প্রয়োজন হয় না। উত্তপ্ত প্ল্যাটিনাম তারজালের (অনুঘটক) সংস্পর্শে অ্যামোনিয়া বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইডে জারিত হয়। [গ্যাস-মিশ্রণকে অতি দ্রুতগতিতে অনুঘটকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা অবশ্য-প্রয়োজন। ধীরে ধীরে এই মিশ্রণ উত্তপ্ত প্ল্যাটিনাম তারজালের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয় ।]

উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড, উদ্বৃত্ত বায়ু ও স্টীম অনুঘটক-কক্ষ হইতে বাহির হইয়া একটি শূন্য কক্ষে (জারক-কক্ষ) প্রবেশ করিয়া শীতল হয় এবং এইস্থানে নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। এই কক্ষ হইতে গ্যাস-মিশ্রণটি চূর্ণ কোয়ার্জ-পূর্ণ একটি স্তম্ভের নিচের দিক দিয়া উহার ভিতরে প্রবেশ করে। স্তম্ভের উপর হইতে জলধারা ঝরানো হয়। নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলে শোষিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রাস অ্যাসিডে পরিণত হয়। নাইট্রাস অ্যাসিড সঙ্গে সঙ্গে বিয়োজিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়। নাইট্রিক অক্সাইড পুনরায় বায়ুদ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গঠন করে ও জলে শোষিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই প্রক্রিয়া ক্রমাগত চলিতে থাকে এবং স্তম্ভের তলদেশে সংস্থাপিত পাত্রে নাইট্রিক অ্যাসিড (50%) সংগৃহীত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের এই লঘু দ্রবণকে পাতিত করিয়া 68% নাইট্রিক অ্যাসিড (বাণিজ্যিক) পাওয়া যায়। [গাঢ় H_2SO_4 সহ এই অ্যাসিডকে পাতিত করিয়া 98% নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।]

অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন

(d) **কোল গ্যাসের শিল্পোৎপাদন ঃ** কাঁচা কয়লার অন্তর্ধূম-পাতনে যে গ্যাস-মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাকে কোল গ্যাস বলে। কোল গ্যাসের মোটামুটি আয়তনিক সংযুতি নিম্নরূপ ঃ হাইড্রোজেন = 54% ; মিথেন = 30% ; $CO = 8\%$; ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, বেঞ্জিন, ন্যাপথালিন = 3% ; N_2, O_2, $CO_2 = 5\%$; H_2S, HCN—সামান্য পরিমাণ।

শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি ঃ অগ্নিসহা-মৃত্তিকা নির্মিত বড় বড় চতুষ্কোণ প্রকোষ্ঠে বিটুমিন কয়লার অন্তর্ধূম-পাতন করা হয়। এই পাতন-ক্রিয়া প্রায় 1200°C তাপমাত্রায় সম্পন্ন করা হয় এবং প্রডিউসার গ্যাসের সাহায্যে প্রয়োজনীয় তাপ সরবরাহ করা হয়। উৎপন্ন উদ্বায়ী পদার্থে বাষ্পীভূত অবস্থায় আলকাতরা থাকে। ইহা ছাড়াও, মিথেন, ইথিলিন, কার্বন ডাই-সালফাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন, কার্বন মনক্সাইড, অ্যাসিটিলিন, বেঞ্জিন, ন্যাপথালিন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন সায়ানাইড ইত্যাদি ইহাতে বর্তমান থাকে। এই সকল উদ্বায়ী বা গ্যাসীয় পদার্থ উত্তাপন-প্রকোষ্ঠের মুখে লাগানো লোহার নলের (ascension pipe) মধ্য দিয়া হাইড্রলিক মেইন (hydraulic main) নামক অনুভূমিক একটি প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। হাইড্রলিক মেইনটির অর্ধাংশ জলদ্বারা পূর্ণ থাকে এবং উল্লিখিত লোহার নলের মুখগুলি ঐ জলের মধ্যে ডুবানো থাকে। উদ্বায়ী পদার্থের কিছু অংশ (যথা, কিছু আলকাতরা

ও অ্যামোনিয়া) হাইড্রলিক মেইনের মধ্যে তরলরূপে সঞ্চিত হয় এবং কোল গ্যাস, অবশিষ্ট আলকাতরা ও অ্যামোনিয়াযুক্ত তরলের বাষ্প লোহার নলের দ্বারা প্রস্তুত কণ্ডেনসার বা শীতক-সারির (condenser) মধ্যে প্রবেশ করে ও বাষ্পগুলি শীতল হইয়া তরলে পরিণত হয়। এই তরল শীতকের নীচে অবস্থিত চৌবাচ্চার মধ্যে সঞ্চিত হইয়া দুইটি স্তরে পৃথক্ হইয়া যায়। ইহার নীচের অংশে থাকে আলকাতরা ও উপরের জলীয় অংশে থাকে অ্যামোনিয়া। অ্যামোনিয়া-যুক্ত এই অংশকে বলা হয় 'অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার' (ammoniacal liquor)। শীতক-নল হইতে বাহির হইয়া কোল গ্যাস একটি কোক-পূর্ণ উচ্চ স্তম্ভের (washer) ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয় এবং স্তম্ভের উপর হইতে জল ঝরাইয়া কোল গ্যাসকে ধৌত করা হয়। সর্বশেষে কোল গ্যাসকে একটি ছোট স্তম্ভের (purifier) ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। এই স্তম্ভে কয়েকটি তাকের উপর আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড রাখা হয়। কোল গ্যাস হইতে সালফার-ঘটিত অশুদ্ধি দূর করিবার জন্যই এই ব্যবস্থা লওয়া হয়। এইভাবে পরিশোধিত করিয়া কোল গ্যাসকে বড় বড় গ্রাহক-ট্যাঙ্কে সঞ্চিত করা হয়।

***প্রশ্ন। (a) কিরূপে প্রমাণ করিবে যে, (i) সালফিউরিক অ্যাসিড জারক দ্রব্য ; (ii) সালফিউরিক অ্যাসিড জলশোষক ; (iii) সালফিউরিক অ্যাসিড অম্লধর্মী ?**

(b) সালফিউরিক অ্যাসিড অম্লরূপে, জারকরূপে ও জলশোষকরূপে কার্য করিতে পারে।

নিম্নের পদার্থগুলির সহিত বিক্রিয়ায় উহা কি ভূমিকা পালন করে ঃ
চিনি ; সালফার $CaCO_3$; কপার ধাতু ?

(c) ঘন ও লঘু H_2SO_4-এর ধর্মের পার্থক্য উপযুক্ত উদাহরণ সহ বুঝাইয়া দাও।

[(a) How would you prove that, H_2SO_4 is (i) an oxidising agent , (ii) a desiccating agent , (iii) acidic ?

(b) Sulphuric acid can act as an acid, an oxidant and a desiccant. In which capacity does it react with (i) sugar, (ii) sulphur, (iii) $CaCO_3$ and (iv) Cu.

(c) Show, with suitable examples, how conc. H_2SO_4 and dilute H_2SO_4 differ in properties.]

উত্তর। (a) (i) **H_2SO_4-এর জারক ধর্ম ঃ** কার্বন-চূর্ণকে ঘন H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণকে প্রথমে অম্লীকৃত $K_2Cr_2O_7$-এর কমলা বর্ণের দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। নিষ্ক্রান্ত গ্যাসকে স্বচ্ছ চুনজলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। ইহার ফলে $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের বর্ণ সবুজ এবং চুনজল ঘোলা হইল। ইহাতে বুঝিতে পারা যায় যে, উৎপন্ন গ্যাসে SO_2 ও CO_2 আছে।

গাঢ় ও উত্তপ্ত H_2SO_2 কার্বনকে জারিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে ও নিজে SO_2 রূপে বিজারিত হইয়া যায়। $C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$. সুতরাং, গাঢ় H_2SO_4 একটি জারক দ্রব্য।

(ii) **গাঢ় H_2SO_4-এর জল-শোষক ধর্ম** : শুষ্ক পরীক্ষানলে সামান্য পরিমাণ চিনির দানা লইয়া উহাতে কয়েক ফোঁটা ঘন H_2SO_4 মিশাইলে, সাদা চিনির দানাগুলি সঙ্গে সঙ্গে কালো হইয়া যায়। কালো কণাগুলিকে জল দিয়া ভাল করিয়া ধুইয়া শুষ্ক করা হয় এবং পরে উহাদিগকে উত্তাপে দগ্ধ করা হয়। দহন-জাত গ্যাসকে স্বচ্ছ চুনজলের ভিতর দিয়া পাঠাইলে চুনজল ঘোলা হয়। সুতরাং, উৎপন্ন গ্যাসটি CO_2 ও কালো কণিকাগুলি কার্বন। ঘন H_2SO_4 চিনির $(C_{12}H_{22}O_{11})$ অণু হইতে জলের অণু শোষণ করিয়া উহাকে কার্বনে পরিণত করে : $C_{12}H_{22}O_{11}+[H_2SO_4] \rightarrow 12C+[11H_2O+H_2SO_4]$. সুতরাং, গাঢ় H_2SO_4 জলশোষক।

(iii) **H_2SO_4-এর আম্লিক ধর্ম** : একটি পরীক্ষানলে 5 ml. H_2SO_4-এর জলীয় দ্রবণ লইয়া উহাকে 2-3 ফোঁটা লিটমাস দ্রবণ মিশাইলে দ্রবণের বর্ণ লাল হয়। লঘু H_2SO_4 দ্রবণে জিংক ধাতুর কয়েকটি টুকরা মিশাইলে সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। এই দুইটি পরীক্ষার ফলাফল প্রমাণ করে যে সালফিউরিক অ্যাসিড অম্লধর্মী।

(b) (i) **চিনির সহিত ঘন H_2SO_4-এর বিক্রিয়া** : ঘন H_2SO_4 চিনির অণু হইতে জলের অণু শোষণ করিয়া উহাকে কার্বনে পরিণত করে। অতএব, এইক্ষেত্রে ঘন H_2SO_4 জলশোষকের ভূমিকা পালন করে।

$$C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{\text{ঘন } H_2SO_4} 12C+11H_2O$$

(ii) **সালফারের সহিত বিক্রিয়া** : সালফার-চূর্ণকে ঘন H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করিলে সালফার জারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। অতএব, এই ক্ষেত্রে ঘন H_2SO_4 জারকের ভূমিকা পালন করে।

(iii) **$CaCO_3$-এর সহিত বিক্রিয়া** : ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সহিত H_2SO_4-এর জলীয় দ্রবণের বিক্রিয়ায় CO_2 গ্যাস ও $CaSO_4$ লবণ গঠিত হয়। [কিছুক্ষণ পরে অদ্রাব্য $CaSO_4$-এর গঠনের ফলে বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়।] অতএব, এই ক্ষেত্রে H_2SO_4 অম্লরূপে ক্রিয়া করে।

(iv) কপার-চূর্ণকে ঘন H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করিলে $CuSO_4$ ও SO_2 (এবং H_2O) উৎপন্ন হয়। ঘন ও উত্তপ্ত H_2SO_4 ধাতব কপারকে $CuSO_4$-রূপে জারিত করে। অতএব, এই ক্ষেত্রে H_2SO_4 জারকের ভূমিকা পালন করে।

(c) ঘন H_2SO_4, বিশেষতঃ উত্তপ্ত অবস্থায়, একটি তীব্র জারক। উহা ঐ অবস্থায় কার্বন, সালফার, ধাতব কপার প্রভৃতিকে জারিত করিয়া নিজে SO_2 রূপে

বিজারিত হয়। কিন্তু, লঘু H_2SO_4 উত্তপ্ত অবস্থাতেও জারকরূপে ক্রিয়া করিতে পারে না।

ঘন H_2SO_4 জলশোষক। ইহা ফর্মিক অ্যাসিড, অক্সালিক অ্যাসিড, চিনি প্রভৃতি যৌগের অণু হইতে জল-অণু শোষণ করে। অনেক আর্দ্র গ্যাসকে শুষ্ক করিতে ঘন H_2SO_4 ব্যবহার করা হয়। কিন্তু, লঘু H_2SO_4 দ্রবণের জল-শোষক ধর্ম নাই।

ঘন H_2SO_4 মোটামুটি সমযোজী যৌগ। উহার বিয়োজন (ionisation) অতি অল্প। কিন্তু (জলীয় দ্রবণে) লঘু H_2SO_4 সম্পূর্ণরূপে আয়নিত অবস্থায় থাকে। সেইজন্য ঘন H_2SO_4 অপেক্ষা লঘু H_2SO_4-এর আম্লিক ধর্ম বেশী।

***প্রশ্ন। ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বা ওলিয়াম কাহাকে বলে ?**
[What is meant by fuming sulphuric acid or Oleum ?]

উত্তর। ঘন H_2SO_4-এ SO_3 দ্রবীভূত হয়। ঘন H_2SO_4-এ SO_3-এর দ্রবণকে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বা ওলিয়াম বলে। দ্রবীভূত SO_3-এর পরিমাণ অনুযায়ী ইহাকে 30%, 40% ইত্যাদি ওলিয়াম বলা হয়। সাধারণ অবস্থায় এই দ্রবণ হইতে SO_3 ধোঁয়ার আকারে নির্গত হয় বলিয়া ইহাকে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বলা হয়। ইহা ঘন H_2SO_4 অপেক্ষা তীব্রতর জারক (SO_3-এর উপস্থিতির জন্য)।

***প্রশ্ন। কারণ বর্ণনা কর :**

(a) **স্পর্শ পদ্ধতিতে H_2SO_4 প্রস্তুতিকালে জলে SO_3 শোষিত করা হয় না।**

(b) **ঘন H_2SO_4-কে জল দ্বারা লঘু দ্রবণে পরিণত করিতে হইলে জলে অ্যাসিড মিশানো হয়—অ্যাসিডে জল মিশানো হয় না।**

(c) **লঘু H_2SO_4-কে পাতিত করিয়া অনার্দ্র H_2SO_4 পাওয়া যায় না।**

[Explain why : (i) In the contact process of manufacture of H_2SO_4, sulphur trioxide is not dissolved in water, (ii) In diluting conc. H_2SO_4 with water, the acid is added slowly to water and not the water to acid, (iii) Dilute H_2SO_4 cannot be made anhydrous by distillation.]

উত্তর। (i) SO_3 জলের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া প্রচুর তাপ উৎপন্ন করে। উৎপন্ন তাপের প্রভাবে বেশ কিছু পরিমাণে জলীয় বাষ্প ও অশোষিত SO_3 দ্রবণ হইতে কুয়াশার আকারে বাহির হইয়া যায়। ফলে, SO_3-এর অপচয় ঘটে। এই জন্য স্পর্শ পদ্ধতিতে উৎপন্ন SO_3-কে সরাসরি জলে শোষিত না করিয়া 98% H_2SO_4 দ্রবণে শোষিত করা হয়।

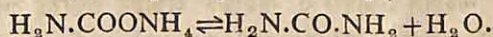
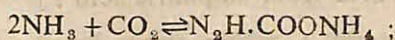
(ii) ঘন H_2SO_4-এ জল মিশাইলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। এই অবস্থায় জল বাষ্পীভূত হইয়া বা ফুটন্ত অবস্থায় ছিটকাইয়া বাহির হইয়া আসিতে পারে এবং শরীরের কোন অংশে পড়িয়া বিপদ ঘটাইতে পারে। কিন্তু, জলে ঘন H_2SO_4 মিশাইলে এইরূপ বিপদের আশংকা থাকে না। এই জন্য ঘন H_2SO_4-কে লঘু করিতে হইলে জলে অ্যাসিড মিশানো হয়।

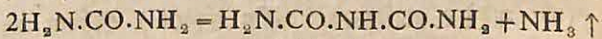
(iii) জলীয় H_2SO_4-দ্রবণকে পাতিত করিলে প্রায় 93% অ্যাসিড ও 7% জল সহ একটি স্থির-ফুটনাংকের মিশ্রণ উদ্বায়িত হয়। সুতরাং, পাতন পদ্ধতিতে H_2SO_4-এর জলীয় দ্রবণ হইতে জলকে সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করিয়া অনার্দ্র অ্যাসিডটি পাওয়া যায় না।

***প্রশ্ন। অ্যামোনিয়া হইতে কিরূপে ইউরিয়া প্রস্তুত করা হয়? ইউরিয়াকে ধীরে ধীরে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে কি হয়?**

[How is urea prepared from ammonia? What happens when urea is slowly heated to a high temperature?]

উত্তর। তরল অ্যামোনিয়া ও তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড 3·5 : 1 আয়তনের অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণটিকে 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় এবং সেই সঙ্গে উহার উপর উচ্চ চাপ প্রয়োগ করা হয়। এই অবস্থায় NH_3 ও CO_2 বিক্রিয়া করিয়া প্রথমে অ্যামোনিয়াম কার্বামেট ($H_2N.COONH_4$) উৎপন্ন হয়। পরবর্তী পর্যায়ে অ্যামোনিয়াম কার্বামেট বিয়োজিত হইয়া ইউরিয়া ($H_2N.CO.NH_2$) ও জল গঠন করে।

$$2NH_3 + CO_2 \rightleftharpoons N_2H.COONH_4\ ;$$
$$H_2N.COONH_4 \rightleftharpoons H_2N.CO.NH_2 + H_2O.$$

উৎপন্ন তরলকে স্বল্প চাপে উদ্বায়িত করিয়া শুষ্ক করা হয় এবং সাদা কেলাসাকার ইউরিয়া সংগ্রহ করা হয়।

শুষ্ক ইউরিয়াকে ধীরে ধীরে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা বিগলিত হইয়া বিয়োজিত হয় এবং বাই-ইউরেট ও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। ফলে, অ্যামোনিয়ার গন্ধ নির্গত হয়। $2H_2N.CO.NH_2 = H_2N.CO.NH.CO.NH_2 + NH_3\uparrow$

(বাই-ইউরেট)

***প্রশ্ন। কোল গ্যাস বিষাক্ত কেন?**

[Why is coal gas poisonous?]

উত্তর। কোল গ্যাসের একটি মুখ্য উপাদান কার্বন মনক্সাইড। ইহা ছাড়াও অনেক কোল গ্যাসে অতি অল্প পরিমাণে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) ও

হাইড্রোজেন সায়ানাইড (HCN) গ্যাস বর্তমান থাকে। উপরোক্ত প্রত্যেকটি যৌগই অত্যন্ত বিষাক্ত। সেইজন্য কোল গ্যাস বিষাক্ত।

প্রশ্ন ২০। কিরূপে পার্থক্য বুঝিবে—

(a) নাইট্রিক অক্সাইড হইতে নাইট্রাস অক্সাইডের ;
(b) নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রাস অ্যাসিডের ;
(c) অ্যামোনিয়া হইতে ফসফিনের ;
(d) লাল ফসফরাস হইতে হলুদ (শ্বেত) ফসফরাসের ;
(e) হাইড্রোজেন হইতে কার্বন মনক্সাইডের ;
*(f) কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে কার্বন মনক্সাইডের ;
*(g) কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে সালফার ডাই-অক্সাইডের ;
*(h) সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে সালফিউরাস অ্যাসিডের ?

[How would you disti nguish :
(a) Nitrous oxide from nitric oxide ;
(b) Nitrous acid from nitric acid ;
(c) Phosphine from ammonia ;
(d) Yellow phosphorus from red phosphorus ;
(e) Carbon monoxide from hydrogen gas ;
*(f) Carbon monoxide from Carbon dioxide ;
*(g) Sulphur dioxide from Carbon dioxide ;
*(h) Sulphurous acid from sulphuric acid ?]

উত্তর (a) নাইট্রাস অক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড উভয়েই বর্ণহীন গ্যাস। কিন্তু, নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর (অক্সিজেনের) সংস্পর্শে জারিত হইয়া বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে ; নাইট্রাস অক্সাইড এইরূপে ক্রিয়ান্বিত হয় না। অতএব, গ্যাস দুইটিকে বায়ুর সংস্পর্শে আনিলে যে গ্যাসটি বাদামী বর্ণ ধারণ করিবে না, সেইটি নাইট্রাস অক্সাইড এবং যে গ্যাসটি বাদামী বর্ণ ধারণ করিবে, সেইটি নাইট্রিক অক্সাইড।

(b) নাইট্রাস অ্যাসিডকে (জলীয় দ্রবণকে) ইউরিয়া সহ উষ্ণ করিলেই উহা বিযোজিত হইয়া বর্ণহীন নাইট্রোজেন গ্যাস বুদবুদের আকারে নির্গত করে। কিন্তু, নাইট্রিক অ্যাসিড এইরূপে বিযোজিত হয় না। সুতরাং, ইউরিয়া সহ সামান্য উষ্ণ করিলে যে দ্রবণ হইতে বর্ণহীন গ্যাসের বুদবুদ উত্থিত হইবে, তাহা নাইট্রাস অ্যাসিড এবং যে দ্রবণ হইতে ঐরূপ বুদবুদ উঠিবে না, তাহা নাইট্রিক অ্যাসিড।

(c) কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে ঘন-নীলবর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন হয়, কিন্তু কপার সালফেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া

ফসফিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে কালো কিউপ্রাস ফসফাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে। অতএব, এই বিক্রিয়ায় কালো অধঃক্ষেপ পড়িলে গ্যাসটি ফসফিন এবং নীল দ্রবণ উৎপন্ন হইলে গ্যাসটি অ্যামোনিয়া।

(d) হলুদ ফসফরাসের একটি ছোট টুকরাকে ঘন NaOH দ্রবণসহ উত্তপ্ত করিলে টুকরাটি দ্রবীভূত হয় এবং ফসফিন গ্যাস (পচা মাছের গন্ধের ন্যায় গন্ধযুক্ত) নির্গত হয়। কিন্তু, লাল ফসফরাস এইরূপে দ্রবীভূত বা ক্রিয়ান্বিত হয় না। অতএব, যে পদার্থটি NaOH দ্রবণে উপরোক্ত ভাবে দ্রবীভূত হইবে, তাহা হলুদ ফসফরাস এবং যে পদার্থটি ঐরূপে দ্রবীভূত হইবে না, তাহা লাল ফসফরাস। [ইহা ছাড়াও, বর্ণ চোখে দেখিয়াই লাল ফসফরাস ও হলুদ ফসফরাসের পার্থক্য করা যায়। হলুদ ফসফরাস সাদা বা ঈষৎ হরিদ্রাভ সাদা ; কিন্তু, লাল ফসফরাস ঘন লাল বা মেরুন বর্ণের চূর্ণ।]

(e) কার্বন মনক্সাইড অ্যামোনিয়াকৃত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়, কিন্তু হাইড্রোজেন ঐ দ্রবণে শোষিত হয় না। সুতরাং, গ্যাস দুইটিকে অ্যামোনিয়াকৃত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের ভিতর দিয়া পাঠাইলে, যে গ্যাসটি শোষিত হইবে, সেইটি কার্বন মনক্সাইড ও যে গ্যাসটি শোষিত হইবে না, সেই গ্যাসটি হাইড্রোজেন।

(f) কার্বন ডাই-অক্সাইড স্বচ্ছ চুনজলকে ঘোলাটে করে ($CaCO_3$-এর প্রলম্বন গঠিত করে), কিন্তু কার্বন মনক্সাইড চুনজলকে ঘোলা করে না। সুতরাং, স্বচ্ছ চুনজলের ভিতর দিয়া পাঠাইলে যে গ্যাসটি চুনজলকে ঘোলা করিবে, সেইটি কার্বন ডাই-অক্সাইড ও যে গ্যাসটি চুনজলকে ঘোলা করিবে না, সেইটি কার্বন মনক্সাইড। [ইহা ছাড়াও, কার্বন মনক্সাইড দাহ্য গ্যাস কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড অদাহ্য। সুতরাং, অগ্নি-সংযোগে যে গ্যাসটি জ্বলিয়া উঠিবে, সেইটি কার্বন মনক্সাইড, এবং যে গ্যাসটি জ্বলিবে না, সেইটি কার্বন ডাই-অক্সাইড।]

(g) SO_2 অম্লীকৃত পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের কমলাবর্ণকে সবুজবর্ণে পরিণত করে, কিন্তু CO_2 ঐরূপ বর্ণ-পরিবর্তন করে না। কাজেই, অম্লীকৃত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে, যে গ্যাসটি দ্রবণের কমলা বর্ণকে সবুজ বর্ণে পরিণত করিবে, সেইটি SO_2 এবং সে গ্যাসটি বর্ণ পরিবর্তন করিবে না, সেইটি CO_2. [ইহা ছাড়াও SO_2 গ্যাসটি শ্বাসরোধকারী পোড়া-গন্ধকের গন্ধযুক্ত ; কিন্তু CO_2 প্রায়-গন্ধহীন গ্যাস। সুতরাং, ঘ্রাণের সাহায্যেও গ্যাস দুইটিকে পার্থক্য করা যায়।]

(h) সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফিউরাস অ্যাসিডের দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইলে উভয় ক্ষেত্রেই একটি সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ হইতে যে অধঃক্ষেপ পড়ে ($BaSO_4$) তাহা HCl-দ্রবণে অদ্রাব্য। কিন্তু, সালফিউরাস অ্যাসিড দ্রবণ যে অধঃক্ষেপ পড়ে, তাহা HCl-দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া SO_2 গ্যাস নির্গত করে। এই পরীক্ষার দ্বারা সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফিউরাস অ্যাসিডের পার্থক্য করা যায়।

*প্রশ্ন। কারণ বর্ণনা কর : (i) ক্লোরিন রঙিন দ্রব্যকে স্থায়ীরূপে বিরঞ্জিত করে, কিন্তু সালফার ডাই-অক্সাইড রঙিন দ্রব্যকে অস্থায়ীরূপে বিরঞ্জিত করে।

(ii) সোডিয়াম ব্রোমাইডকে ঘন H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করিয়া HBr প্রস্তুত করা যায় না।

(iii) পটাশিয়াম আয়োডাইডকে ঘন H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করিয়া HI প্রস্তুত করা যায় না।

(iv) HBr ও HI গ্যাসদ্বয়কে ঘন H_2SO_4 দ্বারা শুষ্ক করা হয় না।

[Give reasons why : (i) Chlorins bleaches permanently, while the bleaching by sulphur dioxide is temporary ; (ii) HBr cannot be prepared by heating NaBr with conc. H_2SO_4 ; (iii) HI cannot be prepared by heating KI with conc. H_2SO_4 ; (iv) HBr and HI are not dried by conc. H_2SO_4.]

উত্তর। (i) ক্লোরিন দ্রব্যের রংকে জারিত করিয়া বিরঞ্জন-কার্য সমাধা করে। এইরূপে বিরঞ্জিত দ্রব্যকে বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিলেও উহা বিজারিত হইয়া পুনরায় বর্ণময় হইতে পারে না। সেইজন্য Cl_2 দ্বারা বিরঞ্জন স্থায়ী। পক্ষান্তরে, SO_2 রঙিন দ্রব্যের রংকে বিজারিত করিয়া উহাকে বর্ণহীন করে। এইরূপে বিরঞ্জিত দ্রব্যকে বায়ুতে উন্মুক্ত রাখিলে অনেক সময় বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা এই বিজারিত দ্রব্য পুনরায় জারিত হইয়া পূর্ব-বর্ণ ফিরিয়া পায়। সেইজন্য SO_2 কর্তৃক বিরঞ্জন অনেক সময় অস্থায়ী হয়।

(ii) সোডিয়াম ব্রোমাইডকে ঘন H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করিলে প্রথমে HBr গ্যাস উৎপন্ন হয়। কিন্তু হাইড্রোজেন ব্রোমাইড একটি বিজারক দ্রব্য এবং উত্তপ্ত ও ঘন H_2SO_4 একটি শক্তিশালী জারক। কাজেই, উৎপন্ন HBr সঙ্গে সঙ্গে ঘন ও উত্তপ্ত H_2SO_4 দ্বারা জারিত হইয়া ব্রোমিনে পরিণত হয় এবং এই বিক্রিয়ায় HBr গ্যাস উৎপন্ন না হইয়া Br_2-বাষ্প নির্গত হয়। সেইজন্য NaBr-কে ঘন H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করিয়া HBr প্রস্তুত করা যায় না।

(iii) পটাশিয়াম আয়োডাইডকে ঘন H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করিলে প্রথমে HI গ্যাস উৎপন্ন হয়। কিন্তু, হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস একটি তীব্র বিজারক এবং উত্তপ্ত ও ঘন H_2SO_4 একটি শক্তিশালী জারক। কাজেই, উৎপন্ন HI সঙ্গে সঙ্গে ঘন ও উত্তপ্ত H_2SO_4 দ্বারা জারিত হইয়া আয়োডিনে পরিণত হয় এবং এই বিক্রিয়ায় HI গ্যাস উৎপন্ন না হইয়া আয়োডিন-বাষ্প নির্গত হয়। সেইজন্য পটাশিয়াম আয়োডাইডকে ঘন H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করিয়া HI প্রস্তুত করা যায় না।

(iv) ঘন H_2SO_4 জারক দ্রব্য এবং HBr ও HI গ্যাসদ্বয় উভয়েই বিজারক। এই গ্যাসদ্বয়কে ঘন H_2SO_4-এর ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া শুষ্ক করিতে গেলে HBr ও HI জারিত হইয়া বেশ কিছুটা Br_2-বাষ্প ও I_2-বাষ্প উৎপন্ন করে। এই বাষ্পগুলি HBr বা HI গ্যাসের সহিত মিশ্রিত থাকিয়া উহাকে অবিশুদ্ধ করিয়া তোলে। সেই জন্য HBr ও HI গ্যাসকে শুষ্ক করিতে ঘন H_2SO_4 ব্যবহার করা হয় না।

নমুনা প্রশ্নোত্তরে
উচ্চমাধ্যমিক রসায়ন

দ্বিতীয় পত্র

(SECOND PAPER)

৩ | সাধারণ রসায়ন
[General Chemistry]

প্রশ্ন ১। (a) ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের প্রকৃতি বর্ণনা কর। ইহাদিগকে ক্রমবর্ধমান ভর অনুযায়ী সাজাও।

(b) আলফা, বিটা ও গামা রশ্মির প্রকৃতি বর্ণনা কর। কোন মৌলের পরমাণু হইতে α-রশ্মি এবং / অথবা β-রশ্মি নিঃসরণে মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্কের কিরূপ পরিবর্তন হয়?

(c) রাদারফোর্ডের পরমাণুর মডেল বর্ণনা কর। ইহার প্রধান ত্রুটি কি? ঐ ত্রুটিগুলি কিরূপে বোরের পারমাণবিক মডেল দ্বারা দূরীভূত হয়, তাহা দেখাও।

(d) টীকা লিখ: (i) পরমাণু-ক্রমাঙ্ক, (ii) পারমাণবিক ওজন ও মৌলের ভগ্নাংশ পারমাণবিক ওজন, (iii) সমস্থানিক, (iv) তেজষ্ক্রিয়া।

*(e) এমন একটি মৌলের নাম কর যাহার কেন্দ্রকে নিউট্রন নাই।

[(a) Give the physical characteristics of (a) electron, (b) proton and (c) Neutron. Arrange them in order of their increasing masses.

(b) Give the physical characteristics of alpha, beta and gamma rays. Indicate change in atomic number with emittance of α-ray and / or β-ray.

(c) Describe Rutherford's model of an atom, indicating its main drawbacks and explain how Bohr's model could explain away the above limitations.

(d) Write explanatory notes on :

(a) Atomic number (b) Atomic weight and fractional atomic weight of an element (c) Isotope (d) Radioactivity.

*(e) Name an element which contains no neutron in its nucleus.]

উত্তর। ইলেকট্রন: পদার্থ বা মৌলের পরমাণুর সার্বজনীন উপাদান ইলেকট্রন। ইহারা অতি ক্ষুদ্র বস্তু-কণিকা, কিন্তু ইহাদের তরঙ্গ-প্রকৃতিও বিদ্যমান। ইহাদের ভরসংখ্যা শূন্য ধরা হয়। একটি ইলেকট্রনের প্রকৃত ভর $9{\cdot}1\times10^{-28}$ গ্রাম।

ইহারা একক অপরা তড়িৎ-আধান যুক্ত কণিকা। প্রতিটি ইলেকট্রনের আধানের মান 4.8×10^{-10} ই. এস. ইউ. বা 1.6×19^{-19} কুলম্ব। অপরা-তড়িৎ আহিত কণা বলিয়া ইহারা চৌম্বক ক্ষেত্র বা তড়িৎ-ক্ষেত্র দ্বারা আকর্ষিত হয়। ইহাদের ওজন অতি নগণ্য ; ইহা একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের প্রায় $\frac{1}{1837}$ অংশ। পরমাণুর কেন্দ্রকের বাহিরে বিভিন্ন কক্ষপথে ইহারা সর্বদা ঘূর্ণায়মাণ অবস্থায় অবস্থান করে।

প্রোটন : ইহারা পদার্থ বা মৌলের পরমাণু সার্বজনীন উপাদান কণিকা। ইহারা ক্ষুদ্র বস্তু-কণিকা। ইহাদের ভরসংখ্যা 1 এবং প্রকৃত ওজন 1.00782 পারমাণবিক ভর একক। (1 পারমাণবিক ভর একক $= 1.66 \times 10^{-24}$ গ্রাম)। ইহারা পরা-তড়িৎ আধানযুক্ত কণিকা। প্রতিটি প্রোটনের পরা-আধান 1 একক তড়িতের সমান (1.6×10^{-19} কুলম্ব)। তড়িতাহিত কণিকা বলিয়া ইহারা চৌম্বক তড়িৎ-ক্ষেত্র দ্বারা আকৃষ্ট হয়। পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটন অবস্থান করে এবং নিউক্লিয়াসের পরা-আধান বা পরমাণু-ক্রমাঙ্ক ইহারা নিয়ন্ত্রণ করে। (মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক=উহার পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা)। পরমাণুর নিউক্লিয়াসের প্রোটনের সংখ্যাই মৌলের ধর্ম নিয়ন্ত্রণ করে।

নিউট্রন : ইহারা ক্ষুদ্র ও নিস্তড়িৎ পদার্থ-কণিকা। অধিকাংশ পরমাণুর নিউক্লিয়াসে নিউট্রন অবস্থান করে। ইহাদের ভরসংখ্যা=1 এবং ইহাদের প্রতিটির প্রকৃত ওজন 1.00866 পারমাণবিক ভর একক। নিস্তড়িৎ বলিয়া ইহারা চৌম্বক বা তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা আকৃষ্ট হয় না। মৌলিক পরমাণুর সমস্থানিকের উৎপত্তির জন্য ইহারা দায়ী। অতি-উচ্চ গতি-সম্পন্ন নিউট্রনের আঘাতে অনেক মৌলের নিউক্লিয়াস বিভঞ্জিত হয়।

ক্রমবর্ধমান ভর অনুযায়ী উপরোক্ত কণিকাগুলিকে নিম্নরূপে সাজানো যায় :

ইলেকট্রন → প্রোটন → নিউট্রন।

(b) আলফা, বিটা ও গামা-রশ্মির প্রকৃতি পরের পৃষ্ঠায় সারণীর আকারে বর্ণিত হইল।

ধর্ম	α-রশ্মি	β-রশ্মি	γ-রশ্মি
(১) প্রকৃতি বা তড়িৎধর্মিতা	ইহারা দুইটি পরা-আধানযুক্ত হিলিয়াম নিউক্লিয়াস (He^{+2}) এবং তড়িৎক্ষেত্রে ইহারা নেগেটিভ তড়িৎদ্বারের দিকে বাঁকিয়া যায়।	ইহারা দ্রুত সঞ্চরণশীল একক অপরা-আধানযুক্ত ইলেকট্রন। ইহারা তড়িৎক্ষেত্রে পজিটিভ তড়িৎদ্বারের দিকে বাঁকিয়া যায়।	ইহারা পদার্থ-কণিকা নহে ; ইহারা অতিক্ষুদ্র তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট তড়িৎ-চৌম্বক রশ্মি। ইহারা তড়িৎ-প্রশম ; কাজেই, ইহাদের গতিপথ তড়িৎক্ষেত্রে বিচ্যুত হয় না। ইহাদের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য এক্স্-রশ্মি অপেক্ষাও কম ($10^{-8} - 10^{-11}$ সে মি)।
(২) গতিবেগ	যে তেজস্ক্রিয় পদার্থ হইতে α-রশ্মি নির্গত হয়, তাহার উপর ইহাদের গতিবেগ নির্ভর করে। সাধারণতঃ এই গতিবেগ প্রতি সেকেণ্ডে $1{\cdot}4 \times 10^9$ সে.মি. হইতে $1{\cdot}7 \times 10^9$ সে.মি. হয়।	বিকিরণকারী তেজস্ক্রিয় পরমাণুর উপর β-রশ্মির গতিবেগ নির্ভর করে। সাধারণতঃ ইহাদের গতিবেগ আলোকের গতিবেগের $\frac{1}{10}$ হইতে $\frac{9}{10}$ ভাগ পর্যন্ত হয়।	γ-রশ্মি গতিবেগ আলোকের গতিবেগের সমান ; অর্থাৎ, প্রতি সেকেণ্ডে 3×10^{10} সে. মি.
(৩) বায়ু বা অন্যান্য গ্যাসকে আয়নিত করিবার ক্ষমতা	গ্যাসীয় অণুর সহিত সংঘর্ষে α-কণিকা উহা হইতে ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন করিয়া উহাকে প্রচণ্ডরূপে আয়নিত করে।	β-রশ্মিরও গ্যাসকে আয়নিত করিবার ক্ষমতা আছে। তবে, এই ক্ষমতা α-রশ্মির ক্ষমতার প্রায় $\frac{1}{100}$।	γ-রশ্মির গ্যাসকে আয়নিত করিবার ক্ষমতা অতি অল্প। ইহা α-কণিকার ঐ ক্ষমতার প্রায় 1 10,000.

ধর্ম	α-রশ্মি	β-রশ্মি	γ-রশ্মি
(৪) ভেদন ক্ষমতা	বড় আকার ও অল্প গতিবেগের জন্য α-রশ্মির ভেদন-শক্তি কম। ইহা 0·1 মি.মি. পুরু অ্যালুমিনিয়াম পাতে আটকাইয়া যায়।	ক্ষুদ্রতর আকার ও উচ্চতর গতিবেগের জন্য β-রশ্মির ভেদন-শক্তি α-রশ্মির প্রায় 50 গুণ। ইহা 5 মি.মি. পুরু অ্যালুমিনিয়াম পাতে আটকাইয়া যায়।	γ-রশ্মির ভেদন-শক্তি অতি-প্রবল। ইহারা বেশ পুরু অ্যালুমিনিয়াম, ইস্পাত বা সীসার পাত ভেদ করিয়া যায়।
(৫) জীব-কোষের উপর ক্রিয়া	α-রশ্মি শরীরের সংস্পর্শে আসিলে দগ্ধক্ষতের সৃষ্টি করে। কিন্তু, α-রশ্মির ভেদন-শক্তি অল্প বলিয়া, এই ক্ষত চামড়ার নীচে বেশী গভীর হইতে পারে না।	প্রাণীর শরীরের উপর β-রশ্মির কোনরূপ ক্রিয়া পরিলক্ষিত হয় না।	γ-রশ্মি জীব কোষের অত্যন্ত ক্ষতিকারক। অধিকমাত্রায় ইহার সংস্পর্শের ফলে দুরারোগ্য গভীর ক্ষতের সৃষ্টি হয়। ইহারা জীব-কোষের পরিবর্তন সাধিত করিয়া জটিল উপসর্গের সৃষ্টি করে। স্বল্প ও সুনিয়ন্ত্রিত মাত্রায় ইহার ব্যবহারে ক্যান্সার-জাতীয় রোগের প্রশমন হয়।

কোন তেজস্ক্রিয় পরমাণু হইতে ∝-রশ্মি বা β-রশ্মি নির্গত হয়। ∝-রশ্মি দুইটি পরা-আধান-যুক্ত হিলিয়াম নিউক্লিয়াস এবং উহার ভর 4 একক। β-কণা একটি অপরা আধান-যুক্ত ইলেকট্রন ; ইহার ভর নগণ্য।

${}_{n}A^{m}$ তেজস্ক্রিয় পরমাণুটির পরমাণু-ক্রমাঙ্ক n এবং পারমাণবিক ওজন m. এই পরমাণু হইতে একটি ∝-কণিকা নির্গত হইলে পরমাণুর কেন্দ্রের আধান তথা উহার পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 2 একক কমিয়া যাইবে। অর্থাৎ, উৎপন্ন নতুন মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক হইবে $n-2$ (এবং উহার ভরসংখ্যা হইবে $m-4$)। যেহেতু পর্যায় সারণীতে মৌলগুলি উহাদের ক্রমবর্ধমান পরমাণু-ক্রমাঙ্ক অনুসারে সজ্জিত, অতএব একটি ∝-কণা নিঃসরণের ফলে যে নূতন মৌলের সৃষ্টি হইবে, তাহা পর্যায় সারণীতে আদি মৌলটির বাম দিকে দুই ঘর সরিয়া যাইবে। নতুন মৌলটির চিহ্ন হইবে ${}_{n-2}B^{m-4}$. পক্ষান্তরে, ${}_{n}A^{m}$ পরমাণু হইতে 1টি β-কণা নির্গত হইলে উৎপন্ন নূতন মৌলের পরমাণু-ক্রমাংক পূর্বাপেক্ষা 1 একক বাড়িয়া যাইবে এবং উহার ভরের কোন তারতম্য হইবে না। উৎপন্ন নূতন মৌলটির পরমাণু-ক্রমাঙ্ক আদি মৌল অপেক্ষা 1 একক বেশী হওয়ায় উহা পর্যায় সারণীতে আদি মৌলের অবস্থান হইতে 1 ঘর ডানদিকে সরিয়া যাইবে। অর্থাৎ, উহার চিহ্ন হইবে ${}_{n+1}C^{m}$.

তেজস্ক্রিয়ায় কোন পরমাণু হইতে একযোগে ∝- ও β-কণার নিঃসরণ ঘটে না। একটি নির্গত হইবার পর অপরটি নির্গত হইতে পারে। অতএব, প্রথমে একটি ∝-কণা নির্গত হইবার পর একটি β-কণা নির্গত হইলে আদি পরমাণুর ক্রমাঙ্ক $2-1=1$ একক কমিয়া যাইবে (কিন্তু পারমাণবিক ওজন 4 একক কম হইবে)। প্রথমে 1টি ∝-কণা এবং পরে উপর্যুপরি 2টি β-কণা নির্গত হইলে উৎপন্ন পরমাণুর ক্রমাংক আদি পরমাণু হইতে অভিন্ন হইবে (কিন্তু উহার পারমাণবিক ভরে 4 একক পার্থক্য থাকিবে)। এই ক্ষেত্রে উৎপন্ন পরমাণুটি আদি পরমাণুর সমস্থানিক হইবে।

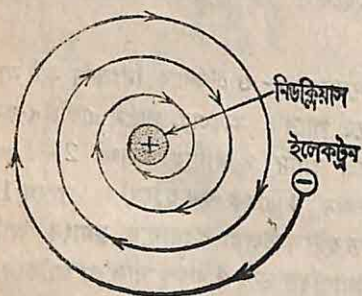
(c) রাদারফোর্ডের পরমাণুর মডেল :

অতি পাতলা ধাতুর পাতের ভিতর দিয়া ∝-রশ্মি বিচ্ছুরণের ফলাফল হইতে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড (1911) পারমাণবিক কাঠামোর এক মডেল উপস্থাপিত করেন। এই মডেল অনুযায়ী, গোলাকার পরমাণুর অভ্যন্তরে অধিকাংশ স্থানই ফাঁকা, এবং পরমাণুর ভর ও তড়িতাধান উহার কেন্দ্রে একটি ক্ষুদ্র স্থানে সুসংবদ্ধ। এই ক্ষুদ্র স্থানটি নীরেট এবং গোলাকার এবং ইহার ব্যাস প্রায় 10^{-12} সে.মি, অর্থাৎ পরমাণুর ব্যাসের প্রায় 1/10,000 অংশ। ইহার নাম নিউক্লিয়াস। নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও অন্য একটি তড়িৎ-নিরপেক্ষ কিন্তু ভরযুক্ত কণিকা থাকে। [রাদারফোর্ডের এই তত্ত্ব প্রকাশের সময়ে তড়িৎ-প্রশম এই কণিকাটির অস্তিত্ব ও প্রকৃতি অজ্ঞাত ছিল। কিন্তু, হাইড্রোজেন ব্যতীত অন্যান্য পরমাণুর গঠন ব্যাখ্যা করিতে নিউক্লিয়াসে ভরযুক্ত তড়িৎ-প্রশম কণিকার উপস্থিতি অপরিহার্য। এইরূপ কণিকার প্রকৃতি বা অস্তিত্ব রাদারফোর্ড নির্ণয় না করিতে পারিলেও, তিনি কল্পনা করিয়াছিলেন যে, সাধারণ হাইড্রোজেনের পরমাণু ব্যতীত অন্যান্য মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইহারা অবস্থান করে। ইহার প্রায়

20 বৎসর পরে (1931) বিজ্ঞানী স্যাড্‌উইক এই কণিকাটিকে নিউট্রনরূপে আবিষ্কার ও চিহ্নিত করেন।] প্রোটনের ভর 1 একক এবং উহার আধান +1 ; নিউট্রনের ভর প্রায় প্রোটনের সমান, কিন্তু উহা আধান-রহিত।

পরমাণুর কেন্দ্রস্থ প্রোটনের সংখ্যার সম-সংখ্যক ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে বিভিন্ন বৃত্তাকার কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান। প্রতিটি ইলেকট্রন কণিকার ভর নগণ্য, কিন্তু উহা 1 একক অপরা আধানযুক্ত। সুতরাং, ইলেকট্রনের ভরের জন্য মৌলের পারমাণবিক গুরুত্বের কোনরূপ বৃদ্ধি হয় না, কিন্তু উহারা পরমাণুটিকে তড়িৎ-প্রশম করে।

রাদারফোর্ডের পারমাণবিক মডেলের অসঙ্গতি : রাদারফোর্ডের পারমাণবিক মডেলে সাধারণভাবে দুইটি প্রধান অসঙ্গতি দেখা যায়। যথা :

(১) ধনাত্মক-তড়িৎধর্মী নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে ঋণাত্মক তড়িৎধর্মী ইলেকট্রন কণিকা বৃত্তাকার কক্ষপথে সতত ঘূর্ণায়মান হওয়ায়, ইলেকট্রন হইতে তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গরূপে শক্তির বিকীরণ অবশ্যম্ভাবী। ফলে, ইলেকট্রনের অন্তর্নিহিত শক্তি ক্রমশ হ্রাসপ্রাপ্ত হইবে ও উহার ঘূর্ণনের বৃত্তাকার কক্ষপথের ব্যাসার্ধ ধীরে ধীরে কমিতে থাকিবে। শেষ পর্যন্ত এই ইলেকট্রন দ্রুতগতিতে কেন্দ্রের দিকে অগ্রসর হইয়া নিউক্লিয়াসের ভিতরে আপতিত হইবে। এই অবস্থায় পরমাণুর ইলেকট্রনীয় কাঠামোর কোনরূপ অস্তিত্ব থাকিবে না এবং এই কারণেই পরমাণুর এইরূপ গঠন অস্থায়ী হইতে বাধ্য।

(2) ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রন নিরন্তর শক্তি বিকীরণ করার ফলে পরমাণুর বর্ণালী নিরবচ্ছিন্ন পটি বর্ণালী (band spectrum) হওয়া উচিত। কিন্তু, বাস্তবে পরমাণুর যে বর্ণালী পাওয়া যায়, তাহা রেখা বর্ণালী (line spectrum) বা বিচ্ছিন্ন বর্ণালী। সুতরাং, রাদারফোর্ডের পারমাণবিক তত্ত্বের দ্বারা পরীক্ষালব্ধ এই ফলাফলের ব্যাখ্যা সম্ভব নহে।

বোরের সংশোধন : বিজ্ঞানী নীলস্ বোর (Niels Bohr) দুইটি সংশোধনী প্রস্তাবের সাহায্যে রাদারফোর্ডের পারমাণবিক তত্ত্বের প্রধান অসঙ্গতি দুইটিকে দূরীভূত করেন। বোরের বক্তব্য নিম্নরূপ :

(১) পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে ইলেকট্রনসমূহ সকল সম্ভাব্য কক্ষপথেই বিচরণ করে না ; কেবলমাত্র কতকগুলি সুনির্দিষ্ট কক্ষপথেই (বা শক্তিস্তরে) ইলেকট্রনসমূহের এইরূপ বিচরণ সম্ভবপর। যে সকল বৃত্তাকার কক্ষপথে ঘুরিবার ফলে

গতিশীল ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ (angular momentum) $h/2\pi$-এর পূর্ণ গুণিতক হয় (h=প্লাঙ্কের ধ্রুবক), কেবল সেই সকল কক্ষপথেই ইলেকট্রন ঘুরিতে পারে। এই কক্ষপথগুলির মুখ্য কোয়াণ্টাম সংখ্যা (principal quantum number, n), পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে উহাদের দূরত্ব অনুযায়ী ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায় এবং কক্ষপথগুলির (তথা, উহাতে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনগুলির) শক্তিও (energy) এইরূপ মতে ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। [অর্থাৎ, নিউক্লিয়াসের নিকটতম কক্ষপথটি এবং উহাতে অবস্থিত ইলেকট্রন সর্বাপেক্ষা কমশক্তি-সম্পন্ন এবং নিউক্লিয়াস হইতে যত দূরে যাওয়া যায়, কক্ষপথের, তথা উহাতে অবস্থিত ইলেকট্রনের শক্তি ক্রমশঃ তত বৃদ্ধি পায়।] এই সকল নির্দিষ্ট কক্ষপথে আবর্তিত হইবার সময় ইলেকট্রন কোনরূপ শক্তি বিকীরণ করে না। সেইজন্য এই সকল কক্ষপথগুলিকে সুস্থির বা বিকীরণবিহীন (stationary or non-radiating) কক্ষপথ বলা হয়।

(২) কোন একটি সুস্থির কক্ষপথে আবর্তনকারী ইলেকট্রন বাহির হইতে শক্তি আহরণ করিয়া উদ্দীপ্ত (exited) বা অধিকতর শক্তিযুক্ত হইতে পারে এবং এই অবস্থায় উহা উচ্চতর শক্তি-বিশিষ্ট একটি কক্ষপথে চলিয়া যাইতে পারে। অর্থাৎ, বাহির হইতে শক্তি শোষণ করিয়া কোন একটি কক্ষপথের ইলেকট্রন উচ্চতর শক্তিসম্পন্ন কক্ষপথে উন্নীত হইতে পারে। অনুরূপভাবে, কোন একটি ইলেকট্রন যখন কোন একটি উচ্চতর শক্তি-সম্পন্ন কক্ষপথ হইতে নিম্নতর শক্তিসম্পন্ন কক্ষপথে নামিয়া আসে, তখন শক্তি বিকীর্ণ হয়। এইরূপ ক্ষেত্রে, বিকীর্ণ শক্তির কম্পাঙ্ক, $\nu=\frac{E_2-E_1}{h}$, যেখানে E_2 ও E_1 যথাক্রমে উচ্চতর ও নিম্নতর শক্তি-সম্পন্ন কক্ষপথের শক্তির মান ও h=প্লাঙ্কের ধ্রুবক।

বোরের উপরোক্ত প্রথম সংশোধন রাদারফোর্ডের পরমাণুতত্ত্বের প্রথম অসঙ্গতিটি দূরীভূত করে এবং দ্বিতীয় সংশোধনটি উহার দ্বিতীয় অসঙ্গতিটির সুষ্ঠু ব্যাখ্যা প্রদান করিয়া উক্ত তত্ত্বের অসঙ্গতি দূর করে।

(d). (i) **পারমাণবিক সংখ্যা বা পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক ঃ** কোন মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসের মোট পরা-আধান বা নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটনের সংখ্যাকে মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যা বা পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক বলে। পারমাণবিক সংখ্যাই মৌলের সঠিক পরিচায়ক। প্রতিটি মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা নির্দিষ্ট এবং বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা বিভিন্ন। মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব অপেক্ষা উহার পারমাণবিক সংখ্যা মৌলটিকে অধিকতর সুনিশ্চিতরূপে সনাক্ত করিতে সাহায্য করে। মৌলসমূহের ধর্মাবলী উহাদের পারমাণবিক সংখ্যার সহিত পর্যাবৃত হয়। সেইজন্য, পর্যায় সারণীতে মৌলসমূহকে উহাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক সংখ্যা অনুসারে সাজানো হইয়াছে। যেহেতু মৌলের পরমাণু তড়িৎ-প্রশম, অতএব উহার কেন্দ্রস্থ পরা-আধানের সংখ্যা উহার কেন্দ্রীণ-বহির্ভূত ইলেকট্রনের সংখ্যার সমান। অতএব, কোন পরমাণুর কেন্দ্রীণ-বহির্ভূত ইলেকট্রনের সংখ্যা ও উহার

পারমাণবিক সংখ্যা অভিন্ন। পরমাণুর ইলেকট্রনসমূহ নির্দিষ্ট পন্হায় বিভিন্ন ইলেকট্রন-কক্ষে সজ্জিত থাকে। সুতরাং, একই সংখ্যক ইলেকট্রন-বিশিষ্ট বা একই পারমাণবিক সংখ্যা বিশিষ্ট পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস অভিন্ন হয়। সেইজন্য উহাদের রাসায়নিক ধর্মও একই প্রকারের হয়। অর্থাৎ, অভিন্ন পারমাণবিক সংখ্যা-বিশিষ্ট পরমাণু একই মৌলের পরমাণু।

* [ভর সংখ্যা : মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অবস্হিত নিউক্লীয় কণিকার (প্রোটন ও নিউট্রন) মোট সংখ্যাকে উহার ভর সংখ্যা বলে। একটি পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যদি Zটি প্রোটন থাকে (অর্থাৎ, উহার পারমাণবিক সংখ্যা যদি Z হয়) এবং Nটি নিউট্রন থাকে, তবে ঐ পরমাণুর ভরসংখ্যা, $A=Z+N$. মৌলের সমস্থানিক পরমাণুর ক্ষেত্রেই ভরসংখ্যা শব্দটি প্রযোজ্য। ইহার মান মৌলের পারমাণবিক ওজনের প্রায় সমান, কিন্তু ভিন্ন হয়। [মৌলের পারমাণবিক ওজন সাধারণতঃ ভগ্নাংশ হয় (বিভিন্ন সমস্থানিকের অবস্থিতির আপেক্ষিক প্রাচুর্যের জন্য)।] উদাহরণস্বরূপ $_{17}Cl^{35}$ সমস্থানিকের ভর-সংখ্যা=35। ইহার নিউক্লিয়াসে 17টি-প্রোটন এবং $(35-17)=18$টি নিউট্রন বর্তমান।]

(ii) পারমাণবিক ওজন ও মৌলের ভগ্নাংশ পারমাণবিক ওজন :

কোন মৌলের একটি পরমাণুর ওজন, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন অপেক্ষা যতগুণ ভারী, অনুপাতজ্ঞাপক সেই সংখ্যাটিকে ঐ মৌলের পারমাণবিক ওজন বলা হয়।

অর্থাৎ, $\text{মৌলের পারমাণবিক ওজন}=\dfrac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$ ।

সুতরাং, মৌলের পারমাণবিক ওজন উহার একটি পরমাণুর প্রকৃত ওজন নয় ; ইহা একটি আপেক্ষিক সংখ্যা মাত্র। [পারমাণবিক ভর এককে (a.m.u.) ইহাকে অনেক সময় প্রকাশিত করা হয়।] সুতরাং, ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন 35·5 বলিতে বুঝা যায় যে, 1টি ক্লোরিনের পরমাণু একটি হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা 35·5 গুণ ভারী।

পরবর্তীকালে দেখা যায় যে, হাইড্রোজেন সব রকম মৌলের সহিত যৌগ গঠনে সক্ষম নয়। সুতরাং, হাইড্রোজেনকে ভিত্তি করিয়া বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিতে অনেক ক্ষেত্রে অসুবিধা দেখা দেয়। কিন্তু অক্সিজেন প্রায় সকল মৌলের সঙ্গেই যৌগ গঠন করে। তাই, প্রাকৃতিক অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 ধরিয়া এই ওজনের তুলনায় অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতি প্রচলন হয়। এই অক্সিজেন-স্কেল অনুযায়ী হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন দাঁড়ায় 1·008. সুতরাং, এই অক্সিজেন-স্কেল অনুযায়ী,

$$\text{একটি মৌলের পারমাণবিক ওজন}=\frac{\text{ঐ মৌলের 1টি পরমাণুর ওজন}}{\text{1টি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন}}\times 16$$

আধুনিককালে, কার্বনের 12-ভরের (C^{12}) সমস্থানিকের একটি পরমাণুর ওজন 12 ধরিয়া, ইহার তুলনায় অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিবার পদ্ধতি প্রচলিত হইয়াছে।

প্রকৃতিতে অধিকাংশ মৌল উহাদের বিভিন্ন সমস্থানিকের বিভিন্ন অনুপাতের সমন্বয়ে অবস্থান করে। সুতরাং প্রকৃতিতে প্রাপ্ত কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন বলিতে উহাতে বিভিন্ন সমস্থানিকের গড় ওজন বুঝায়। সুতরাং, অধুনা পারমাণবিক ওজনের সঠিক সংজ্ঞা হইল ঃ

$$\text{মৌলের পারমাণবিক ওজন} = \frac{\text{প্রকৃতিতে প্রাপ্ত ঐ মৌলের 1টি পরমাণুর গড় ওজন}}{\text{একটি } C^{12} \text{ পরমাণুর ওজন}} \times 12$$

প্রকৃতিতে প্রাপ্ত অধিকাংশ মৌল বিভিন্ন সমস্থানিকের মিশ্রণ হওয়ায় উহাদের একটি পরমাণুর গড় ওজন পূর্ণ-সংখ্যা না হইয়া ভগ্নাংশ হয়। উদাহরণস্বরূপ, প্রাকৃতিক ক্লোরিনে Cl^{35} ও Cl^{37} সমস্থানিকদ্বয় বিশেষ অনুপাতে বর্তমান। ঐ ভরসংখ্যা-যুক্ত পরমাণুগুলির নির্দিষ্ট অনুপাতের উপস্থিতি অনুসারে গণনা করিলে ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন প্রায় 35·5 হয়।

(iii) **সমস্থানিক ঃ** যে সকল পরমাণুর পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অভিন্ন, কিন্তু পারমাণবিক গুরুত্ব বিভিন্ন, তাহাদিগকে সমস্থানিক (বা, একস্থানিক, সম-ঘর) বলে। যেহেতু সমস্থানিকদের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক সমান, উহারা একই মৌলের পরমাণু এবং উহাদের রাসায়নিক ধর্ম একই প্রকারের। তবে, পারমাণবিক ভরের উপর নির্ভরশীল কিছু কিছু ভৌত ধর্মের ক্ষেত্রে (যথা. উদ্বায়িতা, গলনাংক, স্ফুটনাংক, আপেক্ষিক গুরুত্ব ইত্যাদি) একই মৌলের সমস্থানিকদের মধ্যে সামান্য পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। দুই বা ততোধিক মৌলিক পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যদি সম-সংখ্যক প্রোটন থাকে, কিন্তু বিভিন্ন সংখ্যক নিউট্রন থাকে, তাহা হইলে উহারা সমস্থানিক হয়। প্রোটনের সংখ্যার সমতার জন্য উহারা একই মৌলের পরমাণু। এই সকল পরমাণুর কেন্দ্রীণ-বহির্ভূত ইলেকট্রনের সংখ্যা ও উহাদের বিন্যাসও অভিন্ন। সুতরাং, উহাদের রাসায়নিক ধর্মও অভিন্ন হয়। কিন্তু, নিউক্লিয়াসে নিউট্রনের সংখ্যার.তারতম্যহেতু উহাদের পারমাণবিক ভর বিভিন্ন হয়। যথা, অক্সিজেনের তিনটি সমস্থানিক ${}_8O^{16}$, ${}_8O^{17}$ ও ${}_8O^{18}$ বর্তমান। ${}_8O^{16}$ পরমাণুর কেন্দ্রে 8টি প্রোটন ও 8টি নিউট্রন আছে। সুতরাং, উহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 8 এবং পারমাণবিক গুরুত্ব 16. পক্ষান্তরে, ${}_8O^{17}$ ও ${}_8O^{18}$ পরমাণুর প্রতিটির নিউক্লিয়াসে 8টি প্রোটন এবং প্রথমটির নিউক্লিয়াসে 9টি নিউট্রন ও দ্বিতীয়টির নিউক্লিয়াসে 10টি নিউট্রন আছে। অতএব, উহাদের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 8, কিন্তু পারমাণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 17 ও 18 ; কিন্তু, তৎসত্ত্বেও এই তিনটিই অক্সিজেন মৌলের পরমাণু এবং উহারা সমস্থানিক।

(iv) **তেজস্ক্রিয়া ঃ** উচ্চ পারমাণবিক গুরুত্ব-বিশিষ্ট কতকগুলি মৌল (বা উহাদের যৌগ) উহাদের পরমাণুর নিউক্লিয়াসের অস্থায়িত্ব বা অস্থিরতার জন্য স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভঙ্গুর হইয়া পড়ে। এই বিভঞ্জনের ফলে ঐ মৌলসমূহ তেজস্ক্রিয় রশ্মি বিকীরণ করিয়া

স্বল্পতর পারমাণবিক গুরুত্বের নূতন মৌলে পরিণত হয়। এই রূপে সৃষ্ট কোন মৌল যতক্ষণ পর্যন্ত না স্থায়িত্ব প্রাপ্ত হয়, ততক্ষণ এই স্বতঃস্ফূর্ত ভাঙ্গন অবিরত চলিতে থাকে। মৌলের এইরূপ ভাঙ্গনকে তেজস্ক্রিয়া বলা হয়। তেজস্ক্রিয়া মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ধর্ম। চাপ, তাপমাত্রা, রাসায়নিক সংযুতি বা অন্যান্য কোন বাহ্যিক অবস্থা এই ভাঙ্গনকে প্রভাবিত করতে পারে না।

*(e) সাধারণ হাইড্রোজেন পরমাণুর ($_1H^1$) নিউক্লিয়াসে কেবলমাত্র 1টি প্রোটন আছে ; ইহাতে কোন নিউট্রন নাই।

*প্রশ্ন। (ক) $_8A^{16}$ প্রতীক দ্বারা কি বুঝায় ? $_8A^{18}$ প্রতীক-সম্পন্ন পদার্থের সহিত ইহার সম্পর্ক কি ? একটি বিশেষ মৌলের দুইটি আইসোটোপের ভর-সংখ্যা 35 ও 37। ঐ মৌলে তাহাদের পরিমাণ যথাক্রমে শতকরা 75 ও 25 হইলে মৌলটির পারমাণবিক ভর নির্ণয় কর।

[a) What is meant by the symbol $_8A^{16}$? What is its relation with $_8A^{18}$? The mass number of two isotopes of an element are 35 and 37. They are present in the proportion of 75 and 25 percents respectively. Calculate the atomic weight of the element.]

(খ) প্রকৃতিজ বোরণ উহার দুইটি সমস্থানিকের সমবায়ে গঠিত। সমস্থানিকদ্বয়ের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে 10·01 ও 11·01. প্রকৃতিজ বোরণের পারমাণবিক ওজন 10·81 হইলে উহাতে প্রতিটি সমস্থানিকের শতকরা পরিমাণ কত ?

[(b) Naturally occurring boron consists of two isotopes whose atomic weights are 10·01 and 11·01 respectively. The atomic weight of natural boron is 10·81. Calculate the percentage of each isotope in natural boron.]

উঃ। $_8A^{16}$ প্রতীক দ্বারা বুঝিতে পারা যায় যে, ইহা এমন একটি মৌলের পরমাণু (বা, মৌল) যাহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 8 এবং পারমাণবিক গুরুত্ব (বা, ভর-সংখ্যা) = 16. অর্থাৎ, এই মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 8টি প্রোটন আছে (এবং উহার বাহিরে 8টি ইলেকট্রন আছে) এবং উহার নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রন কণিকার মোট সংখ্যা = 16 ; অর্থাৎ নিউক্লিয়াসে 16 − 8 = 8টি নিউট্রন আছে।

$_8A^{18}$ প্রতীকটি এমন একটি মৌলের পরমাণু যাহার পারমাণবিক সংখ্যা = 8 এবং পারমাণবিক গুরুত্ব (বা, ভর-সংখ্যা) = 18. অর্থাৎ, ইহা উপরোক্ত মৌলটির সমস্থানিক (বা, সম-স্থর)।

অংক : মৌলটি উহার দুইটি সমস্থানিকের সমবায়ে গঠিত। প্রথম সমস্থানিকটির ভর-সংখ্যা = 35 এবং মৌলটিতে উহার শতকরা ভাগ = 75. দ্বিতীয় সমস্থানিকটির ভর-সংখ্যা = 37 এবং মৌলটিতে উহার শতকরা ভাগ = 25.

অতএব, মৌলটির পারমাণবিক ওজন $= \frac{75 \times 35 + 25 \times 37}{100} = 35 \cdot 5.$

(খ) ধরা যাক, প্রকৃতিজ বোরণের 100টি পরমাণুর মধ্যে xটি পরমাণুর পারমাণবিক ওজন $=10.01$. অতএব, 100টি প্রকৃতিজ বোরণের পরমাণুর মধ্যে $(100-x)$টি 11.01 পারমাণবিক ওজন-বিশিষ্ট সমস্থানিক বর্তমান। এক্ষণে, প্রকৃতিজ বোরণের পারমাণবিক ওজন উহার দুইটি সমস্থানিকের নির্দিষ্ট পরিমাণের ওজনের গড়। অতএব, $10.01 \times x + 11.01(100-x) = 10.81 \times 100$.

বা, $10.01x + 1101 - 11.01x = 1081$;

বা, $-x = -20$; বা, $x = 20$.

অর্থাৎ, প্রতি 100টি প্রকৃতিজ বোরণের পরমাণুতে 20টি 10.81 পারমাণবিক ওজন-বিশিষ্ট পরমাণু আছে ও $(100-20)=80$টি 11.01 পারমাণবিক ওজন-বিশিষ্ট পরমাণু আছে।

অর্থাৎ, প্রকৃতিজ বোরণে 10.01 পারমাণবিক ওজন-যুক্ত সমস্থানিকের শতকরা ভাগ $=20$ এবং 11.01 পারমাণবিক ওজন-বিশিষ্ট সমস্থানিকের শতকরা ভাগ $=80$.

***প্রশ্ন। সংক্ষেপে বোরের পারমাণবিক গঠন-চিত্র বর্ণনা কর।**

অথবা : পরমাণুর প্রকৃতি সম্পর্কে একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

[(a) **Describe briefly Bohr's model of an atom.**

Or : Give a brief account of the structure of an atom]

উঃ। বোরের পারমাণবিক গঠন-চিত্র :

বিজ্ঞানী নীল্স্ বোরের মতে, পরমাণুর কেন্দ্রস্থলে উহার নিউক্লিয়াস অবস্থিত এবং পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রনগুলি বিভিন্ন বৃত্তাকার কক্ষপথে নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে আবর্তিত হয়। পরমাণুর সমস্ত ভর ও পরা-আধান উহার নিউক্লিয়াসে অবস্থিত। এই নিউক্লিয়াস প্রোটন ও নিউট্রনের সমন্বয়ে গঠিত। [হাইড্রোজেনের সাধারণ সমস্থানিকের $({}_1H^1)$ নিউক্লিয়াসে নিউট্রন নাই।] পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা কেন্দ্রীণ-বহির্ভূত ইলেকট্রনের সংখ্যার সমান। নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রনগুলি সম্ভাব্য যে-কোন কক্ষপথে বিচরণ করে না,—নিউক্লিয়াস হইতে নির্দিষ্ট দূরত্বে কতকগুলি নির্দিষ্ট কক্ষপথেই ইহারা আবর্তিত হয়। যে সকল কক্ষপথে আবর্তিত হইবার কালে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ $h/2\pi$-এর ($h=$প্লাঙ্কের ধ্রুবক) পূর্ণ-সংখ্যক গুণিতক হয়, কেবল সেই সকল কক্ষপথেই ইলেকট্রন আবর্তিত হইতে পারে। এই কক্ষপথগুলি নির্দিষ্ট শক্তি-সম্পন্ন এবং কোন নির্দিষ্ট কক্ষপথে পরিভ্রমণরত ইলেকট্রনের অন্তর্নিহিত শক্তিও ঐ কক্ষপথের শক্তির সমান। সেইজন্য কক্ষপথগুলিকে অনেক সময় শক্তি-স্তর বলা হয়। এই কক্ষপথগুলির মুখ্য কোয়াণ্টাম সংখ্যা (principal quantum number, n), পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে ইহাদের দূরত্বের উপর (অর্থাৎ, কক্ষপথগুলির ব্যাসার্ধের উপর) নির্ভর করে এবং এই দূরত্ব বা ব্যাসার্ধ বৃদ্ধির সহিত উহাদের শক্তি ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। এই সকল নির্দিষ্ট কক্ষপথে আবর্তিত হইবার সময় ইলেকট্রন কোনরূপ শক্তি বিকীরণ করে না। এইজন্য এই কক্ষ-পথগুলিকে সুস্থির বা বিকীরণ-বিহীন কক্ষপথ বলা হয়। প্রতিটি কক্ষপথে সর্বাধিক

যে কয়টি ইলেকট্রন অবস্থান করতে পারে, তাহাদের সংখ্যা নির্দিষ্ট। প্রথম বা K-কক্ষপথে সর্বাধিক দুইটি ইলেকট্রন, দ্বিতীয় বা L-কক্ষপথে সর্বাধিক আটটি ইলেকট্রন, তৃতীয় বা M-কক্ষপথে সর্বাধিক 18টি ইলেকট্রন, চতুর্থ বা N-কক্ষপথে সর্বাধিক 32টি ইলেকট্রনের স্থান হয়। [এই প্রসঙ্গে উল্লেখ্য যে, প্রতিটি কক্ষপথ কতকগুলি উপকক্ষপথ বা কক্ষকে বিভক্ত ; যথা, s, *p*, *d*, *f*. প্রথম কক্ষপথের 1টি মাত্র উপকক্ষপথ (*s*) ; দ্বিতীয় কক্ষপথের দুইটি উপকক্ষপথ (*s* ও *p*) ; তৃতীয় কক্ষপথের তিনটি উপকক্ষপথ (*s*, *p* ও *d*) এবং চতুর্থ কক্ষপথের চারিটি উপকক্ষপথ (*s*, *p*, *d* ও *f*)। কোন কক্ষপথে পরিভ্রমণরত ইলেকট্রনগুলি এই বিভিন্ন উপকক্ষপথে নির্দিষ্ট সংখ্যায় আবর্তিত হয়। *s*-উপকক্ষপথে সর্বাধিক 2টি, *p*-উপকক্ষপথে সর্বাধিক 6টি, *d* উপকক্ষপথে সর্বাধিক 10টি ও *f*-উপকক্ষপথে সর্বাধিক 14টি ইলেকট্রন থাকিতে পারে।]

কোন একটি সুস্থির কক্ষপথে আবর্তনকারী ইলেকট্রন বাহির হইতে শক্তি আহরণ করিয়া উদ্দীপ্ত (exited) বা অধিকতর শক্তি-যুক্ত হইতে পারে এবং এই অবস্থায় উহা উচ্চতর একটি কক্ষপথে বা শক্তিস্তরে চলিয়া যাইতে পারে। অনুরূপভাবে, কোন একটি ইলেকট্রন যখন উচ্চতর শক্তিস্তর হইতে কোন নিম্নতর শক্তিস্তরে নামিয়া আসে, তখন শক্তির বিকীরণ হয়। এইরূপ ক্ষেত্রে বিকীর্ণ শক্তির কম্পাঙ্ক, $\nu = \frac{E^2 - E_1}{h}$, যেখানে E_2 ও E_1 যথাক্রমে উচ্চতর ও নিম্নতর শক্তিস্তরের শক্তির মান ও h=প্লাঙ্কের ধ্রুবক। এই প্রক্রিয়ায়ই মৌলের পারমাণবিক বর্ণালীর রেখা-চিত্র গঠিত হয়।

ইহাই পারমাণবিক গঠনের আধুনিক মতবাদ।

***প্রশ্ন। রাদারফোর্ডের আলফা-রশ্মি বিচ্ছুরণ পরীক্ষাটি বিবৃত কর। এই পরীক্ষার ফলাফল হইতে তিনি কি সিদ্ধান্তে উপনীত হ'ন?**

অথবা : পরমাণুর কেন্দ্রক আবিষ্কার বর্ণনা কর।

অথবা : "পরমাণুর কেন্দ্রে পরাধর্মী নিউক্লিয়াস অতি সামান্য আয়তন অধিকার করিয়া আছে ; পরমাণুর অভ্যন্তরে অধিকাংশ স্থানই ফাঁকা।"—এই সত্য কিরূপে প্রমাণিত হইয়াছে?

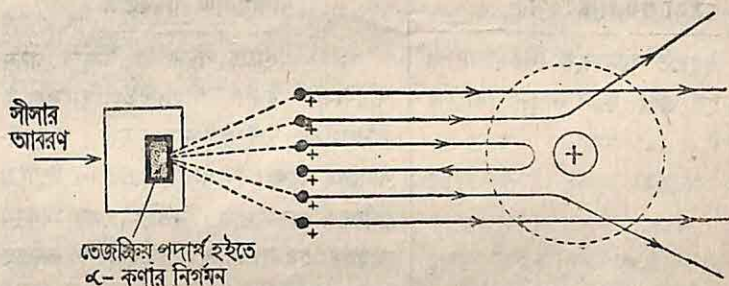
[(a) Describe Rutherford's experiment on the scattering of alpha-particles by metallic foils. What conclusions did he derive from the results of this experiment ?

Or : Describe the discovery of the nucleus of atoms.

Or : "The nucleus of an atom is positively charged and it occupies a very small space at the centre of the atom, while most of the space inside an atom is empty."—How the above truth was proved ?]

উঃ। ক্যাথোড-রশ্মি ও বিটা-রশ্মি আবিষ্কারের ফলে নিঃসন্দেহে ইহা প্রমাণিত হইল যে, ঋণাত্মক-তড়িৎধর্মী ইলেকট্রন পরমাণুর একটি মূল উপাদান। পরা-রশ্মি আবিষ্কারের ফলে জানা গেল যে, পরমাণুর অভ্যন্তরে ধনাত্মক-তড়িৎধর্মী কণিকাও

অবস্থান করে। পরমাণুর তড়িৎ-প্রশম প্রকৃতি হইতে বুঝিতে পারা যায় যে, পরমাণুর অভ্যন্তরে পরা-আধানের মান অপরা-আধানের মানের সমান। পরমাণুর অভ্যন্তরে এই দুই প্রকারের বিপরীত তড়িৎধর্মী কণিকা কিরূপে সন্নিবিষ্ট থাকে, সেই সম্পর্কে আলোকপাতের উদ্দেশ্যে বিজ্ঞানী রাদারফোর্ড তাঁহার বিখ্যাত 'α-রশ্মির বিচ্ছুরণ' পরীক্ষাটি করেন।

প্রায় 4000Å পুরু সোনার পাতের ভিতর দিয়া রাদারফোর্ড α-কণিকার প্রবাহ পরিচালনা করেন। এই পরীক্ষায় দেখা যায় যে, প্রবাহের অধিকাংশ α-কণিকাই সোনার পাতের ভিতর দিয়া অপরিবর্তিত গতিপথে সোজাসুজি বাহির হইয়া যায়। অতি অল্প-সংখ্যক α-কণিকা (প্রতি 20,000-এর মধ্যে একটি) তাহাদের গতিপথ হইতে 90° বা তাহারও বেশী কোণে বাঁকিয়া যায়। α-কণিকা ধনাত্মক তড়িৎ-গ্রস্ত। সুতরাং, এই

চিত্র : α-রশ্মি বিচ্ছুরণ পরীক্ষা

পরীক্ষার ফলাফল হইতে রাদারফোর্ড সিদ্ধান্ত করেন যে, পরমাণু নীরেট নহে ; উহার ভিতরের অধিকাংশ স্থানই ফাঁকা। এই ফাঁকা স্থান দিয়াই α-কণিকা-প্রবাহের অধিকাংশ কণিকা অপ্রতিহত বেগে উহাদের গতিপথ ধরিয়া পরমাণুর ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যায়। অল্প-সংখ্যক α-কণিকার গতিপথের বিচ্যুতির ধরন হইতে দুইটি ধারণা রাদারফোর্ডের মনে স্থান পায়। যে-সমস্ত α-কণিকার গতিপথের বিচ্যুতির মান অল্প, তাহারা স্বভাবতই পরমাণুর অভ্যন্তরস্থ কোন পরা-তড়িৎধর্মী কণিকার বিকর্ষণে ঐরূপে বিচ্যুত হইয়াছে এবং যে-সকল α-কণিকার গতিপথের বিচ্যুতির মান অত্যন্ত বেশী (90° বা তাহার বেশী), তাহারা পরমাণুর অভ্যন্তরের কোন শক্ত ও নিরেট অংশের সহিত সংঘর্ষের ফলে ঐরূপে বিচ্যুত হইয়াছে। এই সকল ফলাফল হইতে রাদারফোর্ড সিদ্ধান্ত করেন যে, পরমাণুর অভ্যন্তরে কোন স্বল্প-পরিসর স্থানে পরমাণুর পরা-আধান ও ভর সংহত হইয়া আছে এবং পরমাণুর ভিতরের অবশিষ্ট বৃহত্তর অংশই ফাঁকা। রাদারফোর্ড মনে করেন যে পরমাণুর এই পরা-আধান ও ভর একই স্থানে অবস্থিত এবং এই অংশের আয়তন পরমাণুর আয়তনের প্রায় 1/10000 ভাগ। রাদারফোর্ড পরমাণুর অভ্যন্তরের এই স্বল্প-পরিসর অংশের নাম দেন 'নিউক্লিয়াস' এবং এইরূপে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের আবিষ্কার হয়। [সৌরমণ্ডলে সূর্য ও গ্রহাদির অবস্থানের দৃষ্টান্তে

অনুপ্রাণিত হইয়া রাদারফোর্ড পরমাণুর নিউক্লীয় রূপের (nuclear model of atoms) প্রস্তাবনা করেন। এই রূপে, পরমাণুর কেন্দ্রস্থলে অতি স্বল্প-পরিসর স্থানে উহার নিউক্লিয়াস অবস্থিত ; পরমাণুর সমগ্র ভর ও পরা-আধান উহার নিউক্লিয়াসে সন্নিবিষ্ট। নিউক্লিয়াসের বাহিরে বিভিন্ন কক্ষপথে অপরা-আধানযুক্ত ইলেকট্রনগুলি সতত নিউক্লিয়াসকে প্রদক্ষিণ করে। স্বভাবতঃই, পরমাণুর কেন্দ্রস্থ পরা-আধানের মান প্রদক্ষিণরত ইলেকট্রনসমূহের অপরা আধানের মানের সমান।]

প্রশ্ন। তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন ও রাসায়নিক পরিবর্তনের পার্থক্য দেখাও।

[Show the differences between a radioactive change and a chemical change.]

তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন	রাসায়নিক পরিবর্তন
১। ইহাতে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন হয় এবং ফলে নতুন মৌলের সৃষ্টি হয়।	১। ইহাতে পদার্থের অণুর গঠন পরিবর্তিত হয়। সাধারণতঃ পরমাণুর বহিঃস্তরের ইলেকট্রনসমূহের আদান-প্রদানের ফলে ইহা সংঘটিত হয়। ইহাতে মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসের কোন তারতম্য হয় না ; সুতরাং, মৌলের অস্তিত্ব বজায় থাকে।
২। কেবলমাত্র কতকগুলি বিশেষ মৌলের ক্ষেত্রেই এই পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়। যথা, রেডিয়াম, ইউরেনিয়াম ইত্যাদি মৌল।	২। প্রায় সকল মৌলের ক্ষেত্রেই এই পরিবর্তন হয়।
৩। ইহা একটি স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা। উত্তাপ, চাপ, বৈদ্যুতিক বা চৌম্বকক্ষেত্র, পদার্থের সংযুতি প্রভৃতির উপর ইহা নির্ভর করে না।	৩। ইহা স্বতঃস্ফূর্ত ঘটনা নয়। উত্তাপ, চাপ, ঘর্ষণ, তড়িৎ-শক্তি, দ্রবণ ইত্যাদির সাহায্যে ইহারা সংঘটিত হয়।
৪। এই পরিবর্তনে যে তাপ উৎপন্ন হয়, তাহার পরিমাণ অনেক বেশী।	৪। এই পরিবর্তনে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ অনেক কম।
৫। এই পরিবর্তন একমুখী হয়।	৫। এই পরিবর্তন সাধারণতঃ উভমুখী হয়।
৬। একই তেজস্ক্রিয় মৌলের বিভিন্ন সমস্থানিকের তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন বিভিন্ন হয়।	৬। একই মৌলের বিভিন্ন সমস্থানিকের রাসায়নিক পরিবর্তন একই প্রকারের হয়।

*প্রশ্ন। কোন তেজস্ক্রিয় মৌল $_{86}X^{226}$ ক্রমান্বয়ে একটি α-কণিকা এবং পরপর দুইটি β-কণিকা বিকীরণ করে। নূতন মৌলিক পদার্থটির পরমাণুর ভর এবং ক্রমাঙ্ক কত হইবে? নূতন মৌলটিকে আদি মৌলটির সম্পর্কে কি নাম দেওয়া যায়?

[*A radioactive element $_{86}X^{226}$ loses one α-particle, then loses successively two β-particles. What will be the mass number and the atomic number of the new element? What will the new element be called in relation to the original element?*]

উত্তর। কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু হইতে একটি α-কণিকা বিকীরণ হইলে পরমাণুটির ভর 4 একক কমিয়া যায় এবং উহার নিউক্লিয়াসের পরা-আধান 2 একক কমিয়া যায় (অর্থাৎ, উহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 2 একক কমিয়া যায়)। পক্ষান্তরে, একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু হইতে একটি β-কণিকা বিকীরণ হইলে পরমাণুটির ভর অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু উহার নিউক্লিয়াসের পরা-আধান 1 একক বর্ধিত হয়; অর্থাৎ, উহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 1 একক বর্ধিত হয়।

$_{86}X^{226}$ মৌলটির পারমাণবিক ভর ও ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে 226 ও 86. ইহার পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে 1টি α-কণিকা নিঃসৃত হইলে উৎপন্ন মৌলের ভর হইবে $226-4=222$ এবং উহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক হইবে $86-2=84$. এই উৎপন্ন পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে পর পর 2টি β-কণিকা বাহির হইয়া গেলে পরমাণুর ভরের কোনরূপ পরিবর্তন হইবে না; অর্থাৎ উহার ভর 222 থাকিবে, কিন্তু উহার পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 2 একক বর্ধিত হইয়া $84+2=86$ হইবে। সুতরাং, নূতন মৌলটির পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক আদি মৌলটির পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের সমান হইবে, কিন্তু উহার ভর হইবে 222. যেহেতু এই মৌলদ্বয়ের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অভিন্ন, অতএব উহারা একই মৌল হইবে। অপত্য মৌলটিকে আদি মৌলের সমস্থানিক বলা হইবে।

*প্রশ্ন। (ক) তেজস্ক্রিয় মৌল $_{89}X^{227}$ হইতে সুরু করিয়া ক্রমাগত কয়েকটি α- ও β-কণিকা বর্জন-জনিত তেজস্ক্রিয় বিভজনের ফলে শেষে তেজস্ক্রিয়া-বিহীন মৌল $_{82}Z^{207}$ সৃষ্টি হয়। সমস্ত প্রক্রিয়াতে কতগুলি α- ও β-কণিকা বর্জিত হইয়াছে? $_{89}X^{227}$ পর্যায় সারণীর IIIA শ্রেণীতে অবস্থিত। $_{82}Z^{207}$ পর্যায় সারণীর কোন্ শ্রেণীতে অবস্থিত?

(খ) $_{92}U^{238}$ তেজস্ক্রিয় পরমাণুর সমগ্র বিভজন-প্রক্রিয়ায় 8টি α-কণিকা ও 6টি β-কণিকা বিকীর্ণ হয়। সর্বশেষে উৎপন্ন মৌলের পারমাণবিক ওজন ও পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক কত হইবে?

[(a) Starting from the radioactive element $_{89}X^{227}$, a series of radioactive disintegrations, involving loss of several α- and β-particles, produce finally, the non-radioactive element $_{82}Z^{207}$. How many α-particles and how many β-particles were expelled in the

entire process? $_{89}X^{227}$ belongs to group IIIA of the periodic table. To which group does $_{82}X^{207}$ belong?

(b) $_{92}U^{238}$, during various radioactive disintegration steps, loses 8 α-particles and 6 β-particles. What will be the atomic weight and the atomic number of the end-product?]

উত্তর। (ক) তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু হইতে 1টি α-কণিকা বাহির হইয়া গেলে উহার ভর 4 একক কমিয়া যায় এবং উহার ক্রমাঙ্ক 2 একক কমিয়া যায়। পক্ষান্তরে, তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু হইতে 1টি β-কণিকা বাহির হইয়া গেলে উহার ভর অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু উহার ক্রমাংক 1 একক বর্ধিত হয়। প্রদত্ত ক্ষেত্রে, তেজস্ক্রিয় মৌলটির বিভঞ্জনের ফলে অপত্য-মৌলের পারমাণবিক ওজন $227-207=20$ একক কমিয়া গিয়াছে। অতএব, এই প্রক্রিয়ায় $20 \div 4 = 5$টি α-কণিকা বাহির হইয়া গিয়াছে। এই 5টি α-কণিকা নিঃসরণের ফলে অপত্য-মৌলের পারমাণবিক ক্রমাংক 10 একক কমিয়া $89-10=79$ হওয়া উচিত। কিন্তু, অপত্য মৌলের পারমাণবিক ক্রমাংক 82. সুতরাং, এই প্রক্রিয়ায় 3টি β-কণিকা নিঃসৃত হইয়াছে। (কারণ, 1টি β-কণিকার নিঃসরণে পারমাণবিক ক্রমাংক 1 একক বৃদ্ধি পায়।)

এই সমগ্র প্রক্রিয়ার ফলে পর্যায়-সারণীতে আদি মৌলটির অবস্থান হইতে অপত্য-মৌলটির অবস্থান $10-3=7$ ঘর বামদিকে সরিয়া যাইবে। জনক-মৌলটি IIIB শ্রেণীতে অবস্থিত। অতএব, অপত্য-মৌলটির স্থান হইবে পর্যায় সারণীর IVB শ্রেণীতে।

(খ) 8টি α-কণিকা নিঃসরণের ফলে $_{92}U^{238}$ পরমাণুর ভর $8 \times 4 = 32$ একক কমিয়া যাইবে; কিন্তু 6টি β-কণিকা নিঃসরণে এই ভরের কোনরূপ তারতম্য হইবে না। অতএব, সর্বশেষে উৎপন্ন মৌলটির পারমাণবিক ওজন হইবে $238-32=206$.

পুনরায়, 8টি α-কণিকা নিঃসরণের ফলে $_{92}U^{238}$ পরমাণুর ক্রমাংক $8 \times 2 = 16$ একক কমিয়া যাইবে এবং 6টি β-কণিকা নিঃসরণের ফলে উহার ক্রমাংক 6 একক বর্ধিত হইবে। অতএব, 8টি α-কণিকা ও 6টি β-কণিকা নিঃসরণের মোট ফল হইবে পারমাণবিক ক্রমাংকের $16-6=10$ একক হ্রাস। সুতরাং, সর্বশেষে উৎপন্ন মৌলটির পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক হইবে $92-10=82$.

*প্রশ্ন। কারণ বর্ণনা কর:

(ক) অধিকাংশ মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব ভগ্নাংশ হয়।

(খ) পরমাণুর অভ্যন্তরের অপরাধর্মী ইলেকট্রনসমূহ পরাধর্মী নিউক্লিয়াসে পতিত হয় না।

(গ) কোন পরমাণুর সর্বাবহিস্থ কক্ষপথের ইলেকট্রনের সংখ্যা 8-এর বেশী হয় না।

(ঘ) পরমাণুর সর্বাবহিস্থ কক্ষের কেবলমাত্র কয়েকটি ইলেকট্রনকেই সহজে বিচ্যুত করা যায়।

(ঙ) ব্রোমিন অপেক্ষা ক্লোরিন শক্তিশালী জারক।

[Explain the reason of the following : (a) Most of the elements have fractional atomic weights ; (b) The negatively charged electrons in an atom do not fall into the positively charged nucleus ; (c) The number of electrons in the outermost shell of an atom does not exceed 8 ; (d) Only some of the electrons from the outermost shell of an atom can be easily removed ; (e) Chlorine is a stronger oxidant than bromine.]

উত্তর। (ক) প্রাকৃতিক মৌলসমূহ সাধারণতঃ বিভিন্ন সমস্থানিকের সমাহার। কোন প্রাকৃতিক মৌলে উহার বিভিন্ন সমস্থানিকের অবস্থিতির আপেক্ষিক প্রাচুর্য বিভিন্ন হয়। মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব উহার বিভিন্ন সমস্থানিকের গড় ওজন। সুতরাং, বিভিন্ন সমস্থানিকের বিভিন্ন অনুপাতে অবস্থানের ফলে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্বের গড় মান ভগ্নাংশ হয়। [এই স্থলে উল্লেখযোগ্য যে, মৌলের ভর-সংখ্যা (mass number) পূর্ণ-সংখ্যা হয়। ভর-সংখ্যা বলিতে আমরা মৌলের পরমাণুতে প্রোটন ও নিউট্রনের মোট সংখ্যা বুঝি। প্রোটন ও নিউট্রনের প্রত্যেকটির ভর মোটামুটি 1 একক ধরা হয়। সেইজন্য মৌলের ভর-সংখ্যা সর্বদাই পূর্ণ-সংখ্যা।]

(খ) পরমাণুর কেন্দ্রস্থ পরা-আধানযুক্ত নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে অপরা-আধানযুক্ত ইলেকট্রন-কণিকা সতত ঘূর্ণায়মান। সনাতন গতিশক্তির তত্ত্ব অনুযায়ী, এইরূপে সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন ক্রমাগত শক্তি বিকীরণ করিয়া ক্ষুদ্রতর ব্যাসার্ধের কক্ষপথে ঘুরিতে আরম্ভ করিবে এবং শেষ পর্যন্ত পরা-আধানযুক্ত কেন্দ্রে পতিত হইবে। কিন্তু, বোরের মতবাদ অনুযায়ী, পরমাণুর ইলেকট্রনসমূহ যে-সকল কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান, তাহারা সুস্থায়ী বা সুস্থির কক্ষপথ। এই সকল কক্ষপথে সঞ্চরণ-কালে ইলেকট্রনসমূহ শক্তি ত্যাগ করে না। কাজেই, উহারা ক্রমশ নিউক্লিয়াসের দিকে আগাইয়া যায় না। ইহা ছাড়াও, বৃত্তাকার কক্ষপথে ঘুরিবার কালে ইলেকট্রনের অপকেন্দ্রিক ও অভিকেন্দ্রিক বল বা আকর্ষণ পরস্পরকে প্রশমিত করে। ফলে, ইলেকট্রন উহার নির্দিষ্ট কক্ষপথে থাকিয়া নিউক্লিয়াসকে প্রদক্ষিণ করে—নিউক্লিয়াসে পতিত হয় না।

(গ) পরমাণুর ইলেকট্রন-কক্ষপথ ও উপকক্ষপথের s ও p উপকক্ষপথে মোট 8টি ইলেকট্রনের স্থান হয় এবং d ও f উপকক্ষপথে যথাক্রমে 10 ও 14টি ইলেকট্রনের স্থান হয়। কিন্তু, d ও f উপকক্ষপথ কখনও পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষপথরূপে থাকিতে পারে না—উহারা সর্ববহিস্থ কক্ষপথের অভ্যন্তরের কক্ষপথ (বা উপকক্ষপথ) রূপে বিরাজ করে। বস্তুতঃ, পরমাণুর সর্ববহিস্থ s উপকক্ষপথে 2টি ইলেকট্রনের স্থান হইবার পরই অভ্যন্তরীণ d বা f কক্ষপথে ইলেকট্রনের স্থান হয়। d বা f কক্ষপথ উহাদের যথানির্দিষ্ট সংখ্যক (যথাক্রমে 10 ও 14) ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইয়া গেলে সর্ববহিস্থ কক্ষপথের p-উপকক্ষপথ ইলেকট্রনদ্বারা ভর্তি হইতে আরম্ভ করে। এই p-উপকক্ষপথে 6টি ইলেকট্রনের স্থান হইবার পরই পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষপথ ইলেকট্রনদ্বারা পূর্ণ হয়।

সুতরাং, পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষপথে 8টির (2টি s-উপকক্ষপথে ও 6টি p-উপকক্ষপথে) বেশী ইলেকট্রন থাকিতে পারে না।

(ঘ) তড়িৎ-প্রশম পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথ হইতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন সরাইয়া দিলে ঐ মৌলের আয়ন উৎপন্ন হয়। এইরূপে ইলেকট্রন সরাইয়া দিতে শক্তির প্রয়োগ করিতে হয়। এই শক্তিকে সাধারণত আয়নায়ন বিভব (Ionisation energy or potential) বলা হয়। এই শক্তি সাধারণতঃ পাওয়া যায় রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উপজাত শক্তি (chemical energy) হইতে।

প্রশম পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষপথ হইতে একটি ইলেকট্রন বিচ্যুত করিয়া এক-পরাধর্মী আয়ন ($Na - e \rightarrow Na^+$) উৎপন্ন হইবার পর পরমাণুর পরাধর্মী নিউক্লিয়াসের আধান উহার অপরাধর্মী ইলেকট্রনসমূহের মোট আধান হইতে বেশী হয়। ফলে, নিউক্লিয়াস অবশিষ্ট ইলেকট্রসমূহকে অধিকতর শক্তিতে কেন্দ্রের দিকে আকৃষ্ট করিয়া রাখে। সেই জন্য, কোন পরাধর্মী আয়ন হইতে অপর একটি ইলেকট্রন বিচ্যুত করিতে অনেক বেশী শক্তি প্রয়োগের দরকার হয়। প্রশম পরমাণু হইতে প্রথম ইলেকট্রন বিচ্যুত করিতে যত-খানি শক্তি প্রয়োজন, এক-পরাধর্মী আয়ন হইতে দ্বিতীয় ইলেকট্রন বিচ্যুত করিতে তদপেক্ষা বেশী শক্তি প্রয়োজন। তেমনি, দ্বি-পরাধর্মী আয়ন হইতে তৃতীয় ইলেকট্রন বিচ্যুত করিতে অনেক বেশী শক্তি প্রয়োজন হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে শক্তি উৎপন্ন হয়, তাহার মান খুব বেশী নয়। ইহার প্রভাবে কোন প্রশম পরমাণু হইতে একটি বা দুইটি ইলেকট্রন বিচ্যুত করিয়া যথাক্রমে এক-পরাধর্মী ও দ্বি-পরাধর্মী আয়ন পর্যন্ত সৃষ্টি করা যাইতে পারে। তাহার বেশী পরাধর্মী আয়ন সৃষ্টি করিবার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি রাসায়নিক বিক্রিয়া হইতে সাধারণতঃ পাওয়া যায় না। এই কারণেই, পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষপথ হইতে কেবলমাত্র কয়েকটি ইলেকট্রনকেই সহজে বিচ্যুত করা যায়, অধিক সংখ্যক ইলেকট্রনকে বিচ্যুত করা যায় না।

(ঙ) কোন মৌলের জারণশক্তি নির্ভর করে, অপর মৌল বা আয়ন হইতে ইলেকট্রন আকৃষ্ট করিয়া উহার সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষে আনিবার ক্ষমতার উপর। সুতরাং, মৌলের ইলেকট্রন-কাঠামোর উপর উহার জারণ-ক্ষমতা নির্ভর করে। মৌলের পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষপথের ইলেকট্রন-সমূহ উহার কেন্দ্রের পজিটিভ আধান দ্বারা আকৃষ্ট হয়। এই আকর্ষণী বল যত বেশী হইবে, মৌলটির পরমাণুর (অন্য পরমাণু বা আয়ন হইতে) ইলেকট্রন আকর্ষণ করিবার ক্ষমতাও তত বৃদ্ধি পাইবে। ফলে, উহা তত বেশী জারকধর্মী হইবে। ব্রোমিনের সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথ ও উহার নিউক্লিয়াসের মধ্যে ইলেকট্রন-পূর্ণ তিনটি ইলেকট্রন-কক্ষ বর্তমান। পক্ষান্তরে, ক্লোরিনের পরমাণুর ক্ষেত্রে ইলেকট্রন-পূর্ণ এইরূপ কক্ষপথের সংখ্যা দুইটি। ফলে, অন্তর্বর্তী ইলেকট্রন-সমূহের আবরণ-ক্ষমতা (Screening effect) ক্লোরিন অপেক্ষা ব্রোমিনের ক্ষেত্রে বেশি। সেইজন্য ক্লোরিনের পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথের উপর উহার নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ ব্রোমিনের নিউক্লিয়াসের অনুরূপ আকর্ষণ অপেক্ষা বেশী। কাজেই, ক্লোরিন পরমাণু ব্রোমিন অপেক্ষা অধিকতর শক্তিতে অন্য পরমাণু বা আয়নের সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষের

ইলেকট্রনকে নিজের দিকে টানিয়া আনিতে পারে। ফলে, ক্লোরিন ব্রোমিন অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী জারকরূপে ক্রিয়া করে।

প্রশ্ন ২। (a) মৌলসমূহের ধর্মের পর্যাবৃত্তি কিরূপে উহাদের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাসের সহিত সম্পর্কিত, তাহা দেখাও। আধুনিক পর্যায় সারণীর সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর এবং উহার শ্রেণী, উপশ্রেণী ও পর্যায়ের তাৎপর্য উল্লেখ কর।

(b) মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর অসঙ্গতি লিপিবদ্ধ কর। আধুনিক পর্যায় সূত্রের সাহায্যে এই অসংগতি কিরূপে ব্যাখ্যা করা যায় ?

(c) 9, 11, 16 ও 30 পরমাণু ক্রমাঙ্ক-বিশিষ্ট মৌলগুলির পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস লিখ। ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি পরাধর্মী ও কোন্‌টি অপরাধর্মী, তাহা বুঝাইয়া দাও। (d) *s, p* ও *d* কক্ষকে সর্বাধিক কতগুলি ইলেকট্রনের স্থান হয় ?

[(a) How is the periodicity of the properties of the elements are related to their electronic arrangements ? Give an idea about the modern periodic table, indicating the significance of groups, sub-groups and periods.

(b) State the defects in the Mendeleyev's periodic table and how these were explained by the modern periodic law.

(c) Give electronic arrangements of the elements having the atomic numbers 9, 11, 16, 30 and indicate the electropositive or electronegative character of the elements.

(d) Indicate the number of electrons that can be accommodated in sp and d orbitals.]

উত্তর। (a) মৌলসমূহের ধর্মাবলী উহাদের পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের সহিত পর্যাবৃত্ত হয়। মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক হইল উহার পরমাণুর নিউক্লিয়াসের মোট পরা-আধানের সংখ্যা। সুতরাং, স্বভাবতঃই কোন মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক উহার পরমাণুর কেন্দ্র-বহির্ভূত ইলেকট্রনের সংখ্যার সমান। এই ইলেকট্রনসমূহ পরমাণুর কেন্দ্রের চতুর্দিকে বিভিন্ন কক্ষপথে (ও উপকক্ষপথে) নির্দিষ্ট সংখ্যায় ঘূর্ণায়মান থাকে। সুতরাং, যে-কোন মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস নির্দিষ্ট। মৌলের পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথকে যোজ্যতা-কক্ষপথ (valence shell) বলা হয়। এই কক্ষপথে অবস্থানকারী ইলেকট্রনসমূহই মৌলের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। সেইজন্য এই ইলেকট্রনগুলিকে যোজ্যতা-ইলেকট্রন (valence electron) বলা হয়। সুতরাং, যোজ্যতা ইলেকট্রনসমূহই মৌলের রাসায়নিক ধর্ম ও প্রকৃতি স্থির করে। অতএব, মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস – বিশেষতঃ উহার যোজ্যতা-কক্ষের ইলেকট্রন-বিন্যাসই উহার ধর্মের প্রকৃষ্ট নিয়ন্ত্রক। এই ইলেকট্রন-বিন্যাস মৌলসমূহের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের সহিত পর্যাবৃত্ত

হয়; অর্থাৎ, মৌলসমূহকে ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অনুসারে সাজাইলে নির্দিষ্ট সংখ্যক মৌলের পর উহাদের পরমাণুর একই প্রকারের ইলেকট্রন-বিন্যাসের পুনরাবির্ভাব ঘটে। সুতরাং, উহাদের ধর্মাবলীরও পর্যাবৃত্তি প্রকাশিত হয়। এই তত্ত্ব অনুসারেই দীর্ঘায়িত পর্যায়-সারণী (বোরের পর্যায়-সারণী) রচিত হইয়াছে।

বোরের পর্যায় সারণীতে 7টি পর্যায় ও 18টি গ্রুপ আছে। প্রতিটি গ্রুপের মৌলের পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষপথে একই সংখ্যক ইলেকট্রন বর্তমান। তবে এইরূপ প্রতিটি মৌলের ক্ষেত্রে উহার পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষপথের মূল কোয়াণ্টাম সংখ্যা বিভিন্ন। প্রতিটি পর্যায়ের মৌলদের ক্ষেত্রে, উহাদের পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষপথের কোয়াণ্টাম সংখ্যা একই থাকে এবং এই কক্ষপথে এক একটি করিয়া ইলেকট্রন-পূর্তি ঘটে।

হাইড্রোজেন (পাঃ ক্রমাঙ্ক=1) হইতে সুরু করিয়া প্রতিটি পরবর্তী মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 1 একক করিয়া বর্ধিত হয়। ফলে, উহাদের পরমাণুর ইলেকট্রন–কাঠামোতেও পর পর 1টি করিয়া ইলেকট্রন বৃদ্ধি পায়। এইরূপে যে সকল ইলেকট্রন মৌলের পারমাণবিক কাঠামোতে পর পর প্রবিষ্ট হয়, তাহারা সাধারণতঃ প্রতিটি উপকক্ষপথ ও কক্ষপথকে ক্রমশঃ পূর্ণ করিতে থাকে। প্রতিটি কক্ষপথের সর্বাধিক ইলেকট্রন গ্রহণের ক্ষমতা সীমিত। এই সীমা প্রথম কক্ষপথের ক্ষেত্রে 2টি ইলেকট্রন, দ্বিতীয় কক্ষপথের ক্ষেত্রে 8টি ইলেকট্রন, তৃতীয় কক্ষপথের ক্ষেত্রে 18টি ইলেকট্রন, চতুর্থ কক্ষপথের ক্ষেত্রে 32টি ইলেকট্রন ইত্যাদি। উপরোক্তভাবে কোন একটি কক্ষপথের ইলেকট্রন-পূর্তিতে এই সীমা পর্যন্ত পৌঁছিলেই আর কোন ইলেকট্রন উহাতে প্রবেশ করে না—পরবর্তী কক্ষে প্রবেশ করে। এইরূপ এক একটি ইলেকট্রন-কক্ষ পূর্তি পর্যায়-সারণীর এক একটি পর্যায়ের মৌলগুলি দ্বারা সম্পন্ন হয়। অর্থাৎ, যে-কোন মৌলের পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথের (যোজ্যতা-কক্ষপথের) মুখ্য কোয়াণ্টাম সংখ্যাই (n) পর্যায়-সারণীতে মৌলটির পর্যায় নির্দেশ করে। প্রথম কক্ষপথে সর্বাধিক 2টি ইলেকট্রনের স্থান হয়; সেইজন্য পর্যায়-সারণীর প্রথম (অতি-হ্রস্ব) পর্যায়ে কেবলমাত্র দুইটি মৌলের স্থান হয়। অনুরূপভাবে, দ্বিতীয় কক্ষপথে সর্বাধিক 8টি ইলেকট্রনের স্থান হয়; অতএব, পর্যায়-সারণীর দ্বিতীয় পর্যায়ে 8টি মৌলের অবস্থিতি।

হাইড্রোজেন ও হিলিয়ামের ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^1$ এবং $1s^2$. ইহাদের পরমাণুর একটিই মাত্র ইলেকট্রন-কক্ষপথ এবং উহার মুখ্য কোয়াণ্টাম সংখ্যা $(n)=1$. অতএব, **H** ও **He** পর্যায়-সারণীর প্রথম পর্যায়ে অবস্থিত। এই পর্যায়ে অন্য কোন মৌলের অবস্থিতি সম্ভবপর নয়; কারণ, প্রথম কক্ষপথের একটি মাত্র উপকক্ষপথ s উপকক্ষপথ) এবং উহাতে 2টির বেশী ইলেকট্রনের স্থান হয় না। ইহার পরবর্তী মৌল লিথিয়ামের ($_3$**Li**) ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2\ 2s^1$, সুতরাং, ইহার সর্বশেষ ইলেকট্রনটি উচ্চতর মুখ্য কোয়াণ্টাম-সংখ্যার কক্ষপথে $(n=2)$ স্থান লাভ করিবে এবং Li পর্যায়-সারণীর দ্বিতীয় পর্যায়ে স্থানলাভ করিবে। Li দ্বিতীয় পর্যায়ের প্রথম মৌল এবং ইহার দ্বারাই দ্বিতীয় পর্যায়টি আরম্ভ হয়। ইহার পর ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অনুসারে

সাতটি মৌল পর পর অবস্থিত এবং উহাদের সর্ববহিস্থ কক্ষপথের ($n=2$) ইলেকট্রন-বিন্যাস নিম্নরূপ : $_4$Be ($2s^2$), $_5$B ($2s^2 2p^1$), $_6$C ($2s^2 2p^2$), $_7$N($2s^2 2p^3$), $_8$O ($2s^2 2p^4$) $_9$F($2s^2 2p^5$) এবং $_{10}$Ne ($2s^2 2p^6$). [মৌলগুলির চিহ্নের বাঁদিকে নিম্নে উহাদের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক দেখানো হইয়াছে। প্রতিটি মৌলের প্রথম কক্ষপথ 2টি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ ; উহা দেখানো হয় নাই।] সুতরাং, দ্বিতীয় পর্যায়ে লিথিয়ামের পর ক্রমান্বয়ে এই মৌলগুলির অবস্থান। নিয়ন মৌলের ইলেকট্রন-বিন্যাস হইতে দেখা যায় যে, এইস্থলে দ্বিতীয় কক্ষপথটি ইলেকট্রন-দ্বারা পরিপূর্ণ হইয়া গিয়াছে। সুতরাং, ইহাই দ্বিতীয় পর্যায়ের শেষ মৌল এবং ইহার পরবর্তী মৌলের সর্বশেষ ইলেকট্রনটি উচ্চতর মুখ্য কোয়াণ্টাম সংখ্যাযুক্ত কক্ষপথে ($n=3$) প্রবেশ করিবে। পরবর্তী উচ্চতর ক্রমাঙ্কের মৌল $_{11}$Na ; ইহার একাদশতম ইলেকট্রনটি তৃতীয় কক্ষপথে স্থান লাভ করে এবং ইহার সর্ববহিস্থ কক্ষপথের ইলেকট্রন-বিন্যাস $3s^1$. ইহার পর ক্রম-বর্ধমান ক্রমাঙ্কের মৌলগুলি হইল $_{12}$Mg, $_{13}$Al, $_{14}$Si, $_{15}$P, $_{16}$S, $_{17}$Cl এবং $_{18}$Ar. পূর্ববর্তী পর্যায়ের মৌলগুলির ন্যায় এই মৌলগুলিরও সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথ ক্রমশঃ ইলেকট্রনদ্বারা পূর্ণ হইতে থাকে এবং ইহারা পর পর তৃতীয় পর্যায়ে স্থান লাভ করে। এই পর্যায়ের শেষ মৌল আর্গনের ইলেকট্রন-বিন্যাস $3s^2p^6$. সুতরাং, আর্গনেই তৃতীয় কক্ষপথটি ইলেকট্রন-দ্বারা পরিপূর্ণ হইয়া যায়। পরবর্তী মৌলের ইলেকট্রন-বিন্যাসের উনবিংশতম ইলেকট্রনটি পরবর্তী উচ্চতর মুখ্য কোয়াণ্টাম সংখ্যার কক্ষপথে ($n=4$) প্রবেশ করে এবং একটি নূতন পর্যায়ের সূচনা করে। [এই স্থলে উল্লেখযোগ্য যে তৃতীয় কক্ষপথে সর্বাধিক $2 \times 3^2 = 18$টি ইলেকট্রনের স্থান হইতে পারে। কিন্তু, তৃতীয় পর্যায়ের মৌলদের ক্ষেত্রে এই কক্ষপথটি সর্ববহিস্থ কক্ষপথ বলিয়া ইহাতে 8টির বেশী ইলেকট্রনের স্থান হয় না। বস্তুতঃ কোন মৌলের পরমাণুরই সর্ববহিস্থ কক্ষপথে 8টির বেশী ইলেকট্রন থাকিতে পারে না। সাধারণতঃ, পরবর্তী মুখ্য কোয়াণ্টাম সংখ্যা-যুক্ত কক্ষপথে 2টি ইলেকট্রন যুক্ত হইবার পরই পূর্ববর্তী কক্ষপথের d-উপকক্ষপথে (বা, f-উপকক্ষপথে) ইলেকট্রনের স্থান হয়। উপকক্ষপথগুলির অন্তর্নিহিত শক্তি অনুসারেই এইরূপ হয়।] আর্গনের পরের উচ্চতর ক্রমাঙ্কের মৌল পটাসিয়াম ($_{19}$K). যেহেতু $4s$ উপকক্ষপথের শক্তি $3d$ উপকক্ষপথের শক্তি অপেক্ষা কম, সেইজন্য পটাশিয়ামের উনবিংশতিতম ইলেকট্রনটি চতুর্থ কক্ষপথে ($n=4$) প্রবেশ করে। ইহার সর্ববহিস্থ কক্ষপথের ইলেকট্রন-বিন্যাস $4s^1$. পরের মৌল ক্যালসিয়ামে ($_{20}$Ca, $4s^2$) 4s-উপকক্ষ-পথটি পূর্ণ হয়। কিন্তু পরবর্তী 10টি মৌলের প্রতিটির সর্বশেষ ইলেকট্রন $4p$-উপকক্ষ-পথে প্রবেশ করে না। $3d$-উপকক্ষপথের শক্তি $4p$-উপকক্ষপথের শক্তি অপেক্ষা কম হওয়ায়, এই ইলেকট্রনগুলি পর পর $3d$-উপকক্ষপথটিকে পূর্ণ করিতে থাকে। $3d$-উপকক্ষপথে সর্বাধিক 10টি ইলেকট্রনের স্থান হয়। সুতরাং এই স্থানে দশটি সন্ধিগত মৌল ($_{21}$Sc হইতে $_{30}$Zn) স্থান লাভ করে। $3d$-উপকক্ষপথটি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইবার পর পরবর্তী মৌল গ্যালিয়ামের ($_{31}$Ga) সর্বশেষ ইলেকট্রনটি $4p$-উপকক্ষপথে প্রবেশ করে। ইহার পর ক্রমান্বয়ে $_{32}$Ge, $_{33}$As, $_{34}$Se, $_{35}$Br ও

$_{36}Kr$ মৌলগুলির সর্বশেষ ইলেকট্রন যথাক্রমে $4p$-উপকক্ষপথটিকে পূর্ণ করে। সুতরাং, এই পর্যায়ে মোট 18টি মৌলের স্থান হয় এবং ইহা পর্যায়-সারণীর চতুর্থ পর্যায় বা প্রথম দীর্ঘ পর্যায়। এই পর্যায়ের সর্বশেষ মৌল ক্রিপ্টনের ক্ষেত্রে ইলেকট্রন দ্বারা চতুর্থ কক্ষপথটি পরিপূর্ণ হইয়া যায়। সুতরাং, পরবর্তী মৌল রুবিডিয়ামের ($_{37}Rb$) 37-তম ইলেকট্রনটি পঞ্চম কক্ষপথে ($5s^1$) প্রবেশ করে। চতুর্থ পর্যায়ের অনুরূপভাবে, এইস্থলে $5s$, $4d$ ও $5p$ উপকক্ষপথগুলি ক্রমান্বয়ে ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হয়। ইহাই পর্যায়-সারণীর পঞ্চম পর্যায়। ইহা আরম্ভ হয় $_{37}Rb$ দ্বারা এবং ইহাতে $_{38}Sr$-এর পর অন্তর্ভুক্ত হয় দ্বিতীয় সন্ধিগত মৌলশ্রেণীর 10টি মৌল ($_{39}Y$ হইতে $_{48}Cd$), এই পর্যায়ের শেষ মৌল জেননে ($_{54}Xe$) পঞ্চম কক্ষপথটি ইলেকট্রন দ্বারা পরিপূর্ণ হইয়া যায়। ইহার পরের মৌল সিজিয়ামের ($_{55}Cs$) 55-তম ইলেকট্রনটি ষষ্ঠ কক্ষপথে প্রবেশ করে এবং ইহা হইতে পর্যায়-সারণীর ষষ্ঠ পর্যায় আরম্ভ হয়। ষষ্ঠ পর্যায়টি পর্যায়-সারণীর সর্ববৃহৎ পর্যায় ; ইহাতে 32টি মৌলের অবস্থান। এই পর্যায়ের মৌলদের ক্ষেত্রে তিনটি বিভিন্ন কোয়াণ্টাম-স্তরে অবস্থিত চারটি উপকক্ষপথ ($6s$, $4f$, $5d$, $6p$) যথাক্রমে ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হয়। এই পর্যায় আরম্ভ হয় $6s$ উপকক্ষপথ পূর্তি দ্বারা ($_{55}Cs$, $_{56}Ba$) এবং ইহার পরের মৌলের ইলেকট্রনটি প্রবেশ করে $5d$ উপকক্ষপথে ($_{57}La$) ; তৎপরবর্তী 14টি মৌলের সর্বশেষ ইলেকট্রনগুলি যথাক্রমে $4f$ উপকক্ষপথে স্থান লাভ করে। $4f$ উপকক্ষপথে সর্বাধিক 14টি ইলেকট্রনের স্থান হয়। এই চৌদ্দটি ইলেকট্রন বিরল মৃত্তিকা ধাতুগুলির (পাঃ ক্রমাঙ্ক 58 হইতে 71) সহিত সংশ্লিষ্ট। বিরল মৃত্তিকা মৌলগুলির পর $_{80}Hg$ পর্যন্ত দশটি মৌলের ইলেকট্রন দ্বারা $5d$ উপকক্ষপথ পূর্ণ হয়। ইহারা সন্ধিগত মৌল। ইহার পর $_{81}Tl$ হইতে $_{86}Rn$ মৌলের ইলেকট্রন দ্বারা $6p$ উপকক্ষপথ পূর্ণ হয়। এইখানেই ষষ্ঠ পর্যায়ের সমাপ্তি। সপ্তম বা সর্বশেষ পর্যায়টি আরম্ভ হয় $7s$ উপকক্ষপথ পূর্তি দ্বারা। এই পর্যায়ের প্রথম মৌল ফ্রান্সিয়ামের ($_{87}Fr$, $7s^1$) সর্বশেষ ইলেকট্রনটি যথারীতি $7s$ উপকক্ষপথে স্থানলাভ করে এবং ষষ্ঠ পর্যায়ের অনুকরণে তৃতীয় মৌলের সর্বশেষ ইলেকট্রনটি $6d$ উপকক্ষপথে স্থান লাভ করিবার পর পরবর্তী মৌলসমূহের সর্বশেষ ইলেকট্রনগুলি $5f$ উপকক্ষপথ পূর্ণ করিতে আরম্ভ করে এবং অ্যাক্‌টিনাইড মৌল-শ্রেণীর আবির্ভাব হয়।

***প্রশ্ন। পর্যায় সারণীতে হাইড্রোজেনের অবস্থান আলোচনা কর।**

[Discuss the position of hydrogen in the Periodic Table.]

অথবা : "পর্যায়-সারণীতে হাইড্রোজেনের স্থান ত্রুটিপূর্ণ।" – এই উক্তির তাৎপর্য কী ?

[OR : The position of hydrogen in the Periodic Table is controversial" – What is the significance of the above statement ?]

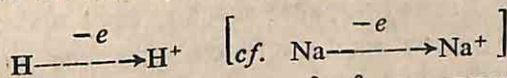
উত্তর। প্রায় একশতের অধিক সংখ্যক জ্ঞাত মৌলকে পর্যায়-সারণীতে লিপিবদ্ধ করিয়া মৌলসমূহের রসায়ন পঠন-পাঠনের পথ সুশৃঙ্খল করা হইয়াছে। মৌলদের

ধর্মানুযায়ী পর্যায়-সারণীতে প্রতিটি মৌলের স্থান সুনির্দিষ্ট করা হইয়াছে। কিন্তু, একথা অনস্বীকার্য যে, রসায়নশাস্ত্রের এত উন্নতি সত্ত্বেও আজ পর্যন্ত পর্যায়-সারণীতে হাইড্রোজেনের সঠিক অবস্থান ত্রুটিমুক্তভাবে স্থির করা সম্ভবপর হয় নাই। হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 1 এবং হিলিয়ামের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 2. সুতরাং, উহারা পর্যায়-সারণীর প্রথম পর্যায়ে স্থান লাভ করিবে এবং হাইড্রোজেন হিলিয়ামের পূর্বে (বা বামদিকে) বসিবে—ইহাতে কোনরূপ সন্দেহ নাই। ক্ষারধাতুসমূহের সহিত হাইড্রোজেনের কিছু কিছু ধর্মের সাদৃশ্যের জন্য উহাকে IA শ্রেণীতে ক্ষারধাতুগুলির উপরে বসানো যায়। পক্ষান্তরে, হ্যালোজেন মৌলসমূহের সহিতও হাইড্রোজেনের কিছু কিছু ধর্মের মিল আছে; সুতরাং, উহাকে VII B শ্রেণীতে হ্যালোজেন সমূহের উপরেও বসানো যায়। কিন্তু, এই উভয় ব্যবস্থাতেই ক্ষারধাতু বা হ্যালোজেন গোষ্ঠীর মূল ধর্ম হাইড্রোজেন প্রদর্শন করে না। কোন কোন পর্যায়-সারণীতে হাইড্রোজেনের অবস্থান এই দুই শ্রেণীতেই দেখানো হইয়াছে। ইহাও খুব বাস্তবানুগ নয়: কারণ, পর্যায় সারণীতে প্রতিটি মৌলের জন্য কেবলমাত্র একটি স্থান (বা ঘর) সুনির্দিষ্ট; ইহাতে কোন মৌলের দুইটি অবস্থান থাকিবার যৌক্তিকতা নাই।

হাইড্রোজেনকে ক্ষারধাতুসমূহের সহিত IA শ্রেণীতে স্থান দিবার স্বপক্ষে নিম্নোক্ত যুক্তিগুলির অবতারণা করা যায়:

(i) হাইড্রোজেনের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস ক্ষারধাতুর পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাসের অনুরূপ। হাইড্রোজেনের সর্ববহিস্থ (প্রথম) কক্ষপথে 1টি ইলেকট্রন বর্তমান; ক্ষারধাতুসমূহের পরমাণুরও সর্ববহিস্থ কক্ষপথে 1টি করিয়া ইলেকট্রন বর্তমান।

(ii) ক্ষারধাতুসমূহের ন্যায় হাইড্রোজেনও পরাধর্মী মৌল। ক্ষারধাতুর পরমাণুর ন্যায় হাইড্রোজেনও উহার সর্ববহিস্থ কক্ষের ইলেকট্রনটি সহজেই বর্জন করিয়া পরাধর্মী আয়ন গঠন করে:

$$H \xrightarrow{-e} H^+ \quad \left[cf.\ Na \xrightarrow{-e} Na^+\right]$$

অম্লীকৃত বা ক্ষারীকৃত জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়; ক্ষারধাতুর লবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণেও ক্যাথোডে ক্ষারধাতু সঞ্চিত হয়।

(iii) ক্ষারধাতুসমূহের ন্যায় হাইড্রোজেনও বিজারক দ্রব্য।

(iv) ক্ষারধাতুর অক্সাইডের (Na_2O, K_2O ইত্যাদি) ন্যায় হাইড্রোজেনের অক্সাইডও (জল, H_2O) সুস্থায়ী যৌগ।

কিন্তু, হাইড্রোজেনের ধর্ম ও ক্ষারধাতুর ধর্মের নিম্নোক্ত পার্থক্যগুলি প্রকট:

(i) হাইড্রোজেন একটি অধাতু, কিন্তু IA শ্রেণীর অন্য মৌলগুলি ধাতু।

(ii) হাইড্রোজেন দ্বি-পরমাণুক গ্যাস, কিন্তু ক্ষারধাতুগুলি কঠিনাকার এবং বাষ্পাবস্থায় এক-পরমাণুক।

(iii) NaH, LiH, CaH_2 প্রভৃতি লাবণিক হাইড্রাইড যৌগে হাইড্রোজেন

অপরাধর্মী মৌলের ন্যায় আচরণ করে এবং এই যৌগে উহা H^- আয়নরূপে অবস্থিত। [এই সকল যৌগকে গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে অ্যানোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।]

উপরোক্ত ধর্মগুলির পরিপ্রেক্ষিতে হাইড্রোজেনকে IA শ্রেণীতে ক্ষারধাতুর সহিত স্থান না দিয়া VIIB শ্রেণীতে হ্যালোজেনসমূহের সহিত স্থান দেওয়া শ্রেয়তর মনে করা যায়। হাইড্রোজেনের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস হ্যালোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাসেরও অনুরূপ। কারণ, হাইড্রোজেন পরমাণু 1টি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া হ্যালোজেন মৌলদের পরমাণুর ন্যায় পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভে সচেষ্ট হয়। কিন্তু, VIIB শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের অবস্থানের সর্বাপেক্ষা তীব্র আপত্তি এই যে, হাইড্রোজেন পরাধর্মী মৌল, কিন্তু হ্যালোজেনগুলি অপরাধর্মী মৌল ; হাইড্রোজেন বিজারক, কিন্তু হ্যালোজেন মৌলগুলি জারক।

উপরোক্ত আলোচনা হইতে স্পষ্টই বুঝিতে পারা যায় যে, ধর্ম ও প্রকৃতির বিভিন্নতায় হাইড্রোজেন পর্যায়-সারণীর অন্যান্য মৌল হইতে সম্পূর্ণ পৃথক্। সুতরাং, পর্যায়-সারণীতে ইহার স্থান সঠিকভাবে এখনও নির্ণীত হয় নাই, বা নির্ণীত হইবার কোন আশাও নাই। অতএব, পর্যায়-সারণীতে হাইড্রোজেনকে যে স্থানে দেখানো হয়, তাহা ত্রুটিপূর্ণ বা উহা সম্পূর্ণরূপে যুক্তিগ্রাহ্য নয়। [অনেকে মনে করেন যে, হাইড্রোজেনকে IA বা VIIB-শ্রেণীর কোনটিতেই না রাখিয়া, 'মৌলসমূহের আদিপুরুষ' রূপে উহাকে পর্যায়-সারণীর একেবারে উপরে আলাদাভাবে রাখা যাইতে পারে।]

(b) **মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর ত্রুটি :** মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণীতে কয়েকটি ত্রুটি দেখিতে পাওয়া যায়। এই সারণীটি মৌলসমূহের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক গুরুত্বের ভিত্তিতে রচিত হইয়াছিল। কিন্তু, ধর্মের অভিন্নতার জন্য চার জোড়া মৌলের অবস্থান এই সারণীতে উপরোক্ত নিয়মে রক্ষিত হয় নাই। ইহাতে আর্গনকে পটাশিয়ামের পূর্বে, কোবাল্টকে নিকেলের পূর্বে, টেলুরিয়ামকে আয়োডিনের পূর্বে এবং থোরিয়ামকে প্রোটো-অ্যাক্টিনিয়ামের পূর্বে বসানো হইয়াছে। কিন্তু, আর্গনের পারমাণবিক গুরুত্ব পটাশিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব অপেক্ষা বেশী ; কোবাল্টের পারমাণবিক গুরুত্ব নিকেলের পারমাণবিক গুরুত্ব অপেক্ষা বেশী ; টেলুরিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব আয়োডিনের পারমাণবিক গুরুত্ব অপেক্ষা বেশী এবং থোরিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব প্রোটো-অ্যাক্টিনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব অপেক্ষা বেশী।

এই সারণীতে প্রতিটি মৌলের জন্য নির্দিষ্ট একটি ঘর বা স্থান থাকা উচিত। কিন্তু, বিরল-মৃত্তিকা জাতীয় 14টি ধাতুকে এই সারণীতে একই ঘরে স্থান দেওয়া হইয়াছে। অনুরূপভাবে, VIII শ্রেণীতে তিনটি করিয়া ধাতুকে (Fe, Co, Ni ; Ru, Rh, Pd ; Os, Ir, Pt,) একই ঘরে বসানো হইয়াছে। ইহাদের প্রত্যেকের জন্য পৃথক্ ঘরের ব্যবস্থা সারণীতে থাকা উচিত ছিল।

এই সারণীতে সমধর্মাবলম্বী কয়েকটি মৌলকে বিভিন্ন শ্রেণীতে এবং অসমধর্মী কয়েকটি মৌলকে একই শ্রেণীতে সন্নিবিষ্ট করা হইয়াছে। যথা, I শ্রেণীতে ক্ষারধাতুর সহিত মুদ্রাধাতুর স্থান হইয়াছে, যদিও ইহাদের ধাতব প্রকৃতি ব্যতীত অন্যান্য কোন ধর্মেরই তেমন কোন সাদৃশ্য নাই। অনুরূপভাবে, মার্কারী ও সীসা সমধর্মাবলম্বী হওয়া সত্ত্বেও উহাদের স্থান পৃথক্ পৃথক্ শ্রেণীতে হইয়াছে।

পর্যায়-সারণীতে হাইড্রোজেনের স্থান সঠিকরূপে নির্ণীত হয় নাই। কখনো ইহাকে প্রথম শ্রেণীতে, আবার কখনো সপ্তম শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হয়।

মেণ্ডেলিফের আদি পর্যায় সূত্রের পরিবর্তন ঃ মৌলসমূহের একস্-রশ্মি বর্ণালী লইয়া গবেষণা করিয়া বিজ্ঞানী মোজ্‌লে দেখিতে পাইলেন যে, মৌলের পারমাণবিক ওজন অপেক্ষা উহাদের পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরা-আধান বা মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের সহিত উহাদের বিশিষ্ট ভৌতধর্মের অধিকতর সুসম্পর্ক বর্তমান। ইহা ছাড়াও, পরবর্তী পরীক্ষায় দেখা যায় যে বিভিন্ন মৌলের একই ভরযুক্ত পরমাণু (আইসোবার) এবং একই মৌলের বিভিন্ন ভরযুক্ত পরমাণুর (আইসোটোপ) অস্তিত্ব বর্তমান। ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক গুরুত্ব অনুযায়ী মৌলের শ্রেণীবিভাগ সম্পন্ন করিলে বিভিন্ন মৌলের আইসোবারসমূহ একই শ্রেণীতে ও একই মৌলের আইসোটোপ-সমূহ বিভিন্ন শ্রেণীতে স্থান পাইবে। ফলে, উহাদের ধর্মের পর্যাবৃত্তিও সম্যক্ পালিত হইবে না। এই সকল অসুবিধার জন্য আদি পর্যায়-সূত্রটির পরিবর্তন অবশ্যম্ভাবী হইয়া পড়ে। পর্যায়-সূত্রের পরিবর্তিত বা পরিমার্জিত ভাষা নিম্নরূপ ঃ

"মৌলসমূহের ধর্মাবলী উহাদের পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের সহিত পর্যাবৃত্ত হয়।" অর্থাৎ, মৌলসমূহকে উহাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অনুযায়ী সাজাইলে নির্দিষ্ট সংখ্যক মৌলের পরে মোটামুটি একই প্রকার ধর্মের পুনরাবির্ভাব ঘটে।

আধুনিক পর্যায়-সূত্রের উৎকর্ষ ঃ মেণ্ডেলিফের আদি পর্যায়-সূত্র অপেক্ষা উপরোক্ত আধুনিক (বা পরিবর্তিত) পর্যায়-সূত্র অনেক বেশী বাস্তবধর্মী। বস্তুতঃ, মৌলসমূহের শ্রেণীবিভাগে পারমাণবিক গুরুত্ব অপেক্ষা উহাদের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অধিকতর কার্যকরী। মেণ্ডেলিফের আদি সূত্র অনুযায়ী রচিত পর্যায়-সারণীতে চার জোড়া মৌলকে (যথা, আর্গন ও পটাশিয়াম, কোবাল্ট ও নিকেল, টেলুরিয়াম ও আয়োডিন এবং থোরিয়াম ও প্রোটো-অ্যাক্‌টিনিয়াম) উহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের বিপরীতক্রমে সাজানো হইয়াছে। ইহাতে আদি পর্যায় সূত্রের বক্তব্য যথাযথ রক্ষিত হয় নাই ; কিন্তু, মৌলগুলির প্রকৃতি ও ধর্মের বিচারে উহাদিগকে ঐরূপে বসানো ব্যতীত গত্যন্তর ছিল না। কিন্তু, আধুনিক পর্যায়-সূত্র অনুযায়ী দেখা যায় যে, এইরূপ বিন্যাস সূত্র অনুযায়ী যথাযথ হইয়াছে। কারণ, আর্গনের ক্রমাঙ্ক পটাশিয়াম হইতে 1 একক কম ; কোবাল্টের ক্রমাঙ্ক নিকেল অপেক্ষা 1 একক কম ; টেলুরিয়ামের ক্রমাঙ্ক আয়োডিন অপেক্ষা 1 একক কম ও থোরিয়ামের ক্রমাঙ্ক প্রোটো-অ্যাক্‌টিনিয়াম হইতে 1 একক কম। ইহা ব্যতীত একই মৌলের বিভিন্ন সমস্থানিকের পারমাণবিক ওজন বিভিন্ন হইলেও উহাদের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অভিন্ন। সুতরাং, একই মৌলের

বিভিন্ন সমস্থানিকের স্থান পর্যায়-সারণীতে একই ঘরে হইবে ; পারমাণবিক গুরুত্ব অনুযায়ী বিভিন্ন ঘরে হইবে না। অনুরূপভাবে, বিভিন্ন মৌলের আইসোবার-সমূহের পারমাণবিক ওজন সমান হইলেও উহাদের পারমাণবিক ক্রমাংক বিভিন্ন। সুতরাং, উহারা পর্যায়-সারণীর একই ঘরে স্থান পাইবে না ; পারমাণবিক ক্রমাংক অনুযায়ী উহাদের স্থান বিভিন্ন ঘরে হইবে। অর্থাৎ, কোন মৌলের সঠিক পরিচয় জ্ঞাপন করে উহার পারমাণবিক ক্রমাংক,—পারমাণবিক গুরুত্ব নহে। সেইজন্য, পর্যাবৃত্ত শ্রেণীবিভাগে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব অপেক্ষা উহার পারমাণবিক ক্রমাংক অধিকতর কার্যকরী ভিত্তি। পারমাণবিক ক্রমাংকের ভিত্তিতে রচিত পর্যায়-সূত্রের প্রচলন এই সকল কারণে আদি সূত্রের ভাষা অপেক্ষা শ্রেষ্ঠতর।

(c) 9 পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস : $1s^2 2s^2 2p^5$. ইহার সর্ববহিস্থ (দ্বিতীয়) কক্ষপথে 7টি ইলেকট্রন আছে। অতএব, ইহা তীব্র অপরা-ধর্মী মৌল।

11 পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের মৌলের পারমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ইহার সর্ববহিস্থ (তৃতীয়) কক্ষপক্ষে 1টি ইলেকট্রন আছে। অতএব, ইহা তীব্র পরাধর্মী মৌল।

16 পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$. ইহার সর্ববহিস্থ (তৃতীয়) কক্ষপথে 6টি ইলেকট্রন আছে। অতএব, ইহা অপরাধর্মী মৌল।

30 পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$; ইহার সর্ববহিস্থ (চতুর্থ) কক্ষপক্ষে 2টি ইলেকট্রন আছে। অতএব, ইহা পরাধর্মী মৌল।

(d) s কক্ষকে 2টি ইলেকট্রন, p-কক্ষকে 6টি ইলেকট্রন ও d-কক্ষকে 10টি ইলেকট্রনের স্থান হয়।

***প্রশ্ন। নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :**

(ক) লোহা পর্যায়-সারণীর কোন্ শ্রেণীতে অবস্থিত ?

(খ) বিরল-মাটি মৌল কয়টি এবং উহারা পর্যায়-সারণীর কোন্ শ্রেণীতে অবস্থিত ?

(গ) পর্যায়-সারণীতে দ্বিতীয় ও পঞ্চম পর্যায়ভুক্ত নিষ্ক্রিয় গ্যাসের নাম লিখ।

(ঘ) পর্যায়-সারণীতে অক্সিজেন ও সালফারের পর্যায় ও শ্রেণী-সংখ্যা নির্ধারণ কর।

(ঙ) কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ইলেকট্রন-মহল $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ হইলে পর্যায় সারণীতে উহার স্থান কোথায় হইবে ?

(চ) ধাতুসমূহ, অধাতুসমূহ ও ধাতুকল্পগুলি পর্যায়-সারণীর কোন্ অংশে অবস্থিত ?

(ছ) পর্যায়-সারণীতে নিম্নলিখিত মৌলগুলির অবস্থান কোন্ শ্রেণীতে : (i) ক্ষারধাতু, (ii) ক্ষারমৃত্তিকা ধাতু, (iii) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ ও (iv) হ্যালোজেন সমূহ ও (v) মুদ্রা-ধাতুসমূহ।

(জ) সর্বাপেক্ষা অধিক পরাধর্মী ও সর্বাপেক্ষা অধিক অপরাধর্মী মৌলের নাম লিখ। উহারা পর্যায়-সারণীর কোন্ স্থানে অবস্থিত ?

(ঝ) একটি সন্ধিগত মৌল, একটি বিরল-মৃত্তিকা মৌল, একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস ও (i) একটি মুদ্রা-ধাতুর নাম লিখ। পর্যায়-সারণীতে উহাদের অবস্থান কোন্ শ্রেণীতে ?

(ঞ) ধাতুকল্প মৌল কাহাকে বলে ? একটি ধাতুকল্প মৌলের নাম লিখ এবং পর্যায়-সারণীতে উহার অবস্থান নির্দেশ কর।

[Answer the following : (a) In which group of the Periodic Table does iron occur ? (b) How many rare-earth elements do exist and what is their position in the Periodic Table ? (c) Name the inert gases that occur in the second and the fifth period of the Perlodic Table. (d) Determine the period and group in which oxygen and sulphur exist in the Periodic Table. (e) The electronic configuration of an element is represented by $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$. What will be its position in the Periodic Table ? (f) In which parts of the Periodic Table do the metals, the non-metals and the metalloids exist ? (g) Mention the groups in which the following occur in the Periodic Table : (i) Alkali metals (ii) Alkaline earth metals, (iii) Inert gases, (iv) The halogens and (v) The Coinage metals. (h) Name the most electro-positive element and the most electronegative element. Where do they occur in the Periodic Table ? (i) Name a transitional element, a rare-earth element, an inert gas, a coinage metal. Determine their positions in the Periodic Table. (j) What is a metalloid ? Name a metalloid and indicate its position in the Periodic Table.]

উঃ : (ক) পর্যায়-সারণীর অষ্টম শ্রেণীতে (Group VIII) ও চতুর্থ পর্যায়ে লোহের অবস্থান।

(খ) মোট 14টি বিরল-মৃত্তিকা মৌলের অবস্থিতি জানা আছে। পর্যায় সারণীর ষষ্ঠ পর্যায়ে ও তৃতীয় শ্রেণীতে উহাদিগকে একত্রে স্থান দেওয়া হইয়াছে।

(গ) পর্যায়-সরণীর দ্বিতীয় ও পঞ্চম পর্যায়ে অবস্থিত নিষ্ক্রিয় গ্যাসদ্বয়ের নাম যথাক্রমে নিয়ন (Neon) ও জেনন্ (Xenon)।

(ঘ) পর্যায়-সারণীতে অক্সিজেনের অবস্থান দ্বিতীয় পর্যায়ের ষষ্ঠ শ্রেণীতে এবং সালফারের অবস্থান তৃতীয় পর্যায়ের ষষ্ঠ শ্রেণীতে।

(ঙ) মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$; অর্থাৎ, উহার সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথের মুখ্য কোয়াণ্টাম-সংখ্যা $(n)=2$. সুতরাং, মৌলটি পর্যায়-সারণীর দ্বিতীয় পর্যায়ে অবস্থিত হইবে। এই দ্বিতীয় কক্ষপথে 8টি ইলেকট্রন বর্তমান ; অর্থাৎ

এই পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথটি ইলেকট্রন দ্বারা পরিপূর্ণ। (কারণ, দ্বিতীয় কক্ষপথে সর্বাধিক 8টি ইলেকট্রনের স্থান হয়।) অতএব, এই মৌলটি একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস এবং উহার অবস্থান হইবে শূন্য শ্রেণীতে (Zero group)।

(চ) পর্যায়-সরণীর বাম দিকের অংশে সাধারণত ধাতুগুলি অবস্থিত। [সন্ধিগত ধাতুগুলি এই সারণীর বিভিন্ন স্থানে অবস্থিত।] অধাতুগুলিকে পর্যায়-সারণীর ডানদিকের অংশে দেখা যায়। ধাতুকল্পগুলি সাধারণতঃ পর্যায়-সারণীর মধ্যস্থলে অবস্থান করে।

(ছ) পর্যায়-সারণীতে নিম্নলিখিত মৌলগুলির স্থান ঃ

(i) ক্ষারধাতু—প্রথম শ্রেণীতে (A-উপশ্রেণীতে) ; (ii) ক্ষারমৃত্তিকা ধাতু—দ্বিতীয় শ্রেণীতে (A-উপশ্রেণীতে) ; (iii) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ—শূন্য শ্রেণীতে ; (iv) হ্যালোজেনসমূহ—সপ্তম শ্রেণীতে (B-উপশ্রেণীতে) ; (v) মুদ্রাধাতু—প্রথম শ্রেণীতে B-উপশ্রেণীতে)।

(জ) সর্বপেক্ষা পরাধর্মী মৌল সিজিয়াম। ইহা একটি ক্ষারধাতু। পর্যায় সারণীর প্রথম শ্রেণীতে (A-উপশ্রেণীতে) ও ষষ্ঠ পর্যায়ে উহার অবস্থান। সর্বাপেক্ষা অপরাধর্মী মৌল ফ্লুরিন। ইহা একটি হ্যালোজেন। পর্যায় সারণীর সপ্তম শ্রেণীতে (B-উপশ্রেণীতে) ও প্রথম পর্যায়ে ইহার অবস্থান। অর্থাৎ, সিজিয়ামের অবস্থান পর্যায়-সারণীয় সর্ববামে প্রায় সর্বনিম্ন স্থানে (ইহার নীচে একটি মাত্র ধাতু ফ্রান্সিয়াম বর্তমান) এবং ফ্লুরিনের অবস্থান পর্যায়-সারণীর সর্বদক্ষিণে সর্বোচ্চ স্থানে।

(ঝ) **সন্ধিগত মৌল**—কপার (Copper) ; পর্যায়-সারণীতে ইহার অবস্থান IA-শ্রেণীতে ও চতুর্থ পর্যায়ে।

বিরল মৃত্তিকা মৌল—সিরিয়াম (Cerium) ; পর্যায়-সারণীতে ইহার অবস্থান III-Aশ্রেণীতে ও ষষ্ঠ পর্যায়ে।

নিষ্ক্রিয় গ্যাস—আর্গন (Argon) ; পর্যায়-সরণীতে ইহার অবস্থান শূন্য শ্রেণীতে ও তৃতীয় পর্যায়ে।

মুদ্রা-ধাতু—সিলভার (Silver) ; পর্যায়-সারণীতে ইহার অবস্থান IB-শ্রেণীতে ও পঞ্চম পর্যায়ে।

(ঞ) **ধাতুকল্প ঃ** মৌলসমূহকে মোটামুটিভাবে দুইটি ভাগে বিভক্ত করা যায়। যথা ঃ ধাতু ও অধাতু। ধাতব মৌলসমূহ সাধারণত পরাধর্মী এবং অধাতব মৌলসমূহ অপরাধর্মী। ধাতব মৌলের কতকগুলি বিশিষ্ট ধর্ম বর্তমান ; এই ধর্মগুলি অনেক সময় উহাদিগকে সনাক্ত করিতে সাহায্য করে। তেমনি, অধাতব মৌলেরও কতকগুলি বিশিষ্ট ও সনাক্তকারী ধর্ম বর্তমান। কিন্তু, প্রকৃতিতে এমন কতকগুলি মৌলের সন্ধান পাওয়া যায়, যাহাদের ধর্মাবলী ধাতু ও অধাতুর ধর্মাবলীর মাঝামাঝি। অর্থাৎ, উহাদের যেমন কিছু কিছু ধাতব ধর্ম বর্তমান, তেমনি কিছু অধাতব ধর্মও বর্তমান। এই মৌলগুলিকে ধাতুকল্প (metalloid) বলা হয়। আর্সেনিক, অ্যাণ্টিমনি প্রভৃতি মৌল ধাতুকল্পের উদাহরণ। উহারা পর্যায়-সারণীর মধ্যবর্তীস্থানে অবস্থান করে।

আর্সেনিক মৌলটি পর্যায়-সারণীর VB-শ্রেণীতে এবং চতুর্থ পর্যায়ে অবস্থিত।

প্রশ্ন ৩। বিশদ টীকা লিখ ঃ

(a) (i) তড়িৎযোজী বন্ধন ; (ii) সমযোজী বন্ধন ; (iii) অসমযোজী বন্ধন।

(b) রাসায়নিক বন্ধনের ধ্রুবত্ব এবং ধ্রুবীয় ও অধ্রুবীয় অণু।

(c) কারণ বর্ণনা কর ঃ

(i) CO_2 অধ্রুবীয় অণু, কিন্তু SO_2 ধ্রুবীয় অণু।

(ii) সাধারণ তাপমাত্রায় H_2O তরল, কিন্তু H_2S গ্যাস।

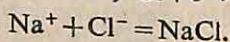
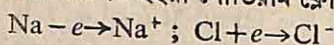
(iii) অনার্দ্র HCl অপেক্ষা অনার্দ্র HF-এর স্ফুটনাংকের মান বেশী।

[Write explanatory notes on : (a) Electrovalent bond, covalent bond and co-ordinate covalent bond. (b) Polarity of bonds—polar and non-polar molecules. (c) Explain why (i) CO_2 is non-polar but SO_2 is polar (ii) H_2O is a liquid at ordinary temperature but H_2S is a gas at ordinary temperature. (iii) Boiling point of anhydrous HF is higher than anhydrous HCl.]

(i) **তড়িৎযোজী বন্ধন ঃ** রাসায়নিক সংযোগের কালে দুইটি বিপরীত তড়িৎধর্মী মৌলের পরমাণুর একটি (পরাধর্মীটি) উহার সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথের এক বা একাধিক ইলেকট্রন অপর পরমাণুটির (অপরাধর্মীটির) সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথে স্থানান্তরিত করিয়া যথাক্রমে পরাধর্মী ক্যাটায়ন ও অপরাধর্মী অ্যানায়নের সৃষ্টি করে। এইরূপে ইলেকট্রন দান ও গ্রহণ প্রক্রিয়ার ফলে উপাদান-পরমাণুদ্বয়ের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস সুস্থায়ী (নিষ্ক্রিয়-গ্যাসের পরমাণুর ন্যায়) হয়। এইরূপে উৎপন্ন দুইটি বিপরীত তড়িৎধর্মী আয়নের স্থির-তড়িৎ-আকর্ষণে পরস্পর সংযুক্ত হইয়া যৌগ বা পরমাণুপুঞ্জ (মূলক) গঠনের ক্ষমতাকে **তড়িৎযোজ্যতা** বা **আয়নীয় যোজ্যতা** বলা হয়। এই প্রক্রিয়ায় যে যৌগ উৎপন্ন হয়, তাহাকে **তড়িৎযোজী যৌগ** বা **আয়নীয় যৌগ** বলা হয় এবং পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে এইরূপে প্রতিষ্ঠিত রাসায়নিক বন্ধনকে **তড়িৎযোজী বন্ধন** বা **আয়নীয় বন্ধন** বলা হয়। রাসায়নিক বন্ধনের সঠিক অর্থ বলিতে যাহা বুঝায়, তড়িৎযোগী যৌগে উপাদান-পরমাণুদের মধ্যে সেইরূপ কোন বন্ধন থাকে না। এই ক্ষেত্রে বিপরীতধর্মী আয়নসমূহ স্থির-তড়িৎ-আকর্ষণে (কুলম্বীয় আকর্ষণে) পরস্পর সংযুক্ত থাকে। তড়িৎযোজ্যতা প্রতিষ্ঠার সময়ে পরাধর্মী মৌলের পরমাণুটি যে কয়টি ইলেকট্রন ত্যাগ করে বা অন্য পরমাণুতে স্থানান্তরিত করে, সেই সংখ্যাই ঐ মৌলের যোজ্যতা (বা, পরা-যোজ্যতা, positive valency)। পক্ষান্তরে, এই প্রক্রিয়ায় অপরা-ধর্মী মৌলের পরমাণুটি তাহার সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথে যে কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে, সেই সংখ্যা উক্ত মৌলের যোজ্যতা (বা, অপরা-যোজ্যতা, negative valency)। [এক-পরাযোজী মৌলের একটি পরমাণু এক-অপরাযোজী মৌলের একটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় ; দ্বি-পরাযোজী মৌলের একটি পরমাণু এক-অপরাযোজী মৌলের দুইটি পরমাণু বা দ্বি-অপরাযোজী মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়, ইত্যাদি।]

তড়িৎ-যোজ্যতার উদাহরণরূপে সোডিয়াম ক্লোরাইড যৌগের গঠন-প্রণালী উল্লেখ করা যায়। পরাধর্মী সোডিয়াম ধাতু ও অপরাধর্মী ক্লোরিনের রাসায়নিক মিলনে সোডিয়াম ক্লোরাইড গঠিত হয়। সোডিয়াম পরমাণুর সর্ববহিস্থ (তৃতীয়) কক্ষপথে 1টি ইলেকট্রন ও ক্লোরিন পরমাণুর সর্ববহিস্থ (তৃতীয়) কক্ষপথে 7টি ইলেকট্রন বর্তমান। সোডিয়াম পরমাণু উহার এই সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনটি ত্যাগ করিয়া পূর্ববর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস নিয়নের পরমাণুর সুস্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ করে। সোডিয়াম কর্তৃক পরিত্যক্ত এই ইলেকট্রনটি ক্লোরিনের সর্ববহিস্থ কক্ষপথে স্থানান্তরিত হয়। এই স্থানান্তরের ফলে ক্লোরিন পরমাণু পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস আর্গনের সুস্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস প্রাপ্ত হয়। এই প্রক্রিয়ায় সোডিয়াম পরমাণু এক-পরাধর্মী সোডিয়াম আয়নে এবং ক্লোরিন পরমাণু এক-অপরাধর্মী ক্লোরাইড আয়নে পরিণত হয়। এই দুইটি বিপরীতধর্মী আয়ন পরস্পর স্থির-তড়িৎ-আকর্ষণে মিলিত হইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে ঃ

$$Na - e \rightarrow Na^+ \; ; \; Cl + e \rightarrow Cl^-$$

$$Na^+ + Cl^- = NaCl.$$

এইস্থলে সোডিয়ামের যোজ্যতা = +1 এবং ক্লোরিনের যোজ্যতা = −1.

(ii) **সমযোজী বন্ধন ঃ** অপরাধর্মী একই মৌলের দুইটি পরমাণু বা ঐরূপ দুইটি বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর রাসায়নিক সংযোগের কালে তড়িৎযোজ্যতার ন্যায় পারস্পরিক ইলেকট্রন বর্জন ও গ্রহণ নীতিতে যোজ্যতা প্রদর্শন সম্ভবপর নয়। অপরাধর্মী মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস হইতে স্পষ্টই বুঝিতে পারা যায় যে, ইহাদের সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষে সুস্থায়ী ইলেকট্রন-অষ্টক (octet) হইতে 1টি, 2টি বা 3টি ইলেকট্রন কম থাকে। সুতরাং, ইহাদের প্রত্যেকেই অন্যত্র হইতে ইলেকট্রন আহরণ করিয়া সর্ববহিস্থ কক্ষপথকে পরিপূর্ণ তথা সুস্থায়ী করিতে সচেষ্ট হয়; কেহই ইলেকট্রন দান করিতে চাহে না। এইরূপ ক্ষেত্রে পরমাণুদ্বয়ের প্রত্যেকে একটি বা একাধিক ইলেকট্রন দান করিয়া একটি বা একাধিক ইলেকট্রন-জোড় গঠন করে। এই ইলেকট্রন-জোড় উভয় পরমাণুর মধ্যবর্তীস্থলে অবস্থান করে এবং উভয় পরমাণুই ইহাকে সমানভাবে নিজেদের কাজে লাগাইয়া স্ব স্ব পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথের অষ্টক-পূর্তি করিয়া পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর সুস্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ করে এবং ফলে, উহাদের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ সাধিত হয়। সুতরাং, দুইটি পরমাণু যে ক্ষমতার প্রভাবে প্রত্যেকে সমসংখ্যক ইলেকট্রন দান করিয়া এক বা একাধিক ইলেকট্রন-জোড় গঠন করে এবং উহা যুগ্মভাবে ব্যবহার করিয়া রাসায়নিক মিলন সংঘটিত করে, তাহাকে **সমযোজ্যতা** বলা হয়। এইরূপ যোজ্যতার ফলে যে যৌগ গঠিত হয়, তাহাকে সমযোজী যৌগ বলে। উপাদান পরমাণুদ্বয়ের প্রত্যেকটি হইতে সমসংখ্যক ইলেকট্রন আসিয়া যে ইলেকট্রন-জোড় গঠন করে, তাহা উহাদের মধ্যস্থলে থাকিয়া উভয়ের নিউক্লিয়াসের প্রভাবাধীন থাকে। ইহার ফলে, পরমাণুদ্বয় অবিচ্ছেদ্য বন্ধনে আবদ্ধ থাকে, উহাদের মধ্যে প্রকৃত বন্ধন প্রতিষ্ঠিত হয়। একটি ইলেকট্রন-জোড় দুইটি পরমাণুর মধ্যে একটি বন্ধন নির্দেশ করে। এইরূপ বন্ধনকে বলা হয় **সমযোজী বন্ধন।**

বিক্রিয়ামান পরমাণুদ্বয়ের কোনটি হইতেই ইলেকট্রন সম্পূর্ণরূপে স্থানান্তরিত না হওয়ায় ফলে উহারা কোনরূপ তড়িতাহিত (charged) হয় না,—প্রশম পরমাণুরূপেই যৌগে বর্তমান থাকে। দুইটি পরমাণু এইরূপে এক-জোড়া ইলেকট্রন ব্যবহার করিয়া যে বন্ধন সৃষ্টি করে, তাহাকে সমযোজী এক-বন্ধন (single bond) বলে। পরমাণুদ্বয় যদি এইরূপে দুইটি বা তিনটি ইলেকট্রন-জোড় গঠন করিয়া নিজেদের মধ্যে মিলিত হয়, তবে উৎপন্ন বন্ধনকে যথাক্রমে দ্বি-বন্ধন (double bond) ও ত্রি-বন্ধন (triple bond) বলা হয়। সমযোজী বন্ধন দৃঢ় এবং নির্দিষ্ট দিগ্‌দর্শী হয়।

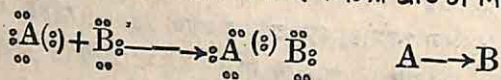
দুইটি ক্লোরিন পরমাণু হইতে ক্লোরিন অণু গঠনের উদাহরণ দিয়া সমযোজ্যতার ব্যাখ্যা দেওয়া হইল।

ক্লোরিন একটি অপরাধর্মী মৌল। ক্লোরিন পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথে 7টি ইলেকট্রন বর্তমান। সুতরাং, প্রতিটি ক্লোরিন পরমাণু একটি করিয়া ইলেকট্রন আহরণ করিতে পারিলেই প্রত্যেকের সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষের অষ্টক-পূর্তি হইয়া পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস আর্গনের সুস্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস প্রাপ্ত হওয়া সম্ভব। সুতরাং, 2টি ক্লোরিন পরমাণু যুক্ত হইবার কালে উহাদের কেহই অপরটিকে একটি করিয়া ইলেকট্রন দান করিতে পারিবে না। এই স্থলে উভয় পরমাণু হইতে একটি করিয়া ইলেকট্রন আসিয়া একটি ইলেকট্রন-জোড় গঠিত হয় এবং এই ইলেকট্রন-জোড়কে সমভাবে ব্যবহার করিয়া উভয় পরমাণু উহার সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষকে পরিপূর্ণ করে। ফলস্বরূপ দুইটি ক্লোরিন পরমাণু মিলিত হইয়া 1টি ক্লোরিন অণু গঠিত হয় এবং উপাদান পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে একটি সমযোজী বন্ধন স্থাপিত হয়।

(iii) **অসমযোজ্যতা (coordinate covalency)** : অন্যবিধ যোজ্যতার মাধ্যমে যৌগ বা মূলক উৎপন্ন হইবার পর উহাদের অন্তর্গত কোন পরমাণুর যদি একটি (বা একাধিক) অব্যবহৃত (নিঃসঙ্গ) ইলেকট্রন-জোড় বর্তমান থাকে এবং অপর একটি যৌগ বা মূলকের কোন একটি পরমাণুর ইলেকট্রন-কাঠামোতে একসঙ্গে ঐ ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করিবার স্থান শূন্য অবস্থায় থাকে, তবে পূর্বোক্ত পরমাণু তাহার অব্যবহৃত নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড়কে দান করে এবং দ্বিতীয়োক্ত পরমাণুটি ঐ ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করে। এইভাবে ইলেকট্রন-জোড় দান ও গ্রহণ করিবার পর উভয় পরমাণুই উহাকে যুগ্মভাবে ব্যবহার করিয়া (সমযোজ্যতার ন্যায়) স্ব স্ব ইলেকট্রন-বিন্যাস সুস্থায়ী করে এবং নতুন যৌগ বা মূলকের সৃষ্টি করে। যে পরমাণুটি ইলেকট্রন-জোড় দান করে তাহাকে দাতা (donor) এবং যে পরমাণুটি উহা গ্রহণ করে তাহাকে গ্রহীতা (acceptor) বলে। এইরূপে ইলেকট্রন-জোড় দান ও গ্রহণের ফলে যে যোজ্যতার সৃষ্টি হইয়া যৌগ বা মূলক উৎপন্ন হয়, তাহাকে অসমযোজ্যতা বলে। এইরূপে উৎপন্ন যৌগ বা মূলককে অসম-যোজী যৌগ বা মূলক বলে এবং দুইটি পরমাণুর মধ্যে এইরূপে স্থাপিত বন্ধনকে **অসমযোজী বন্ধন** বলে।

অসমযোজ্যতা সমযোজ্যতারই একটি বিশেষ প্রকারভেদ মাত্র। অসমযোজ্যতা প্রদর্শনের প্রধান শর্ত হইল যে, উহাতে অংশগ্রহণকারী যৌগ বা মূলকের কোন একটি

পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষে অন্ততঃ একটি নিঃসঙ্গ (অব্যবহৃত) ইলেকট্রন-জোড় থাকা প্রয়োজন এবং অপর একটি যৌগ বা মূলকের কোনও পরমাণুর কোন কক্ষে অন্ততঃ দুইটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিবার মত স্থান থাকা আবশ্যক। [অর্থাৎ, দ্বিতীয় মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রনের সংখ্যা উহার পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর ইলেকট্রনের সংখ্যা হইতে অন্ততঃ দুইটি কম হইতে হইবে।] অসমযোজী বন্ধনের সহিত সমযোজী বন্ধনের প্রভেদ কেবল বন্ধনে নিযুক্ত ইলেকট্রনদ্বয় প্রাপ্তির সূত্র। সমযোজী বন্ধনে এই যোজ্যমান পরমাণুদ্বয়ের প্রতিটি এক একটি করিয়া ইলেকট্রন দান করে এবং উহার ফলে ইলেকট্রন-জোড় গঠিত হইয়া বন্ধন স্থাপিত হয় ; কিন্তু, অসমযোজী বন্ধনে যোজ্যমান পরমাণুদ্বয়ের একটি পরমাণু ইলেকট্রন-জোড়টি দান করে। তবে, যৌগ গঠিত হইবার পর সমযোজী ও অসমযোজী বন্ধনের পার্থক্য বলিতে পারা সম্ভবপর নয়। অসমযোজী বন্ধনকে একটি ছোট তীর দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তীরটি দাতা পরমাণুর দিক হইতে আরম্ভ হয় এবং উহার মুখ থাকে গ্রহীতা পরমাণুর দিকে। A ও B পরমাণু যদি অসমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়, তবে এই বন্ধনের প্রতিষ্ঠা নিম্নরূপে দেখানো যায় ঃ

$$:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{A}}(:) + \ddot{\underset{\cdot\cdot}{B}}: \longrightarrow :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{A}}(:)\ddot{\underset{\cdot\cdot}{B}}: \qquad A \longrightarrow B$$

এইস্থলে A দাতা ও গ্রহীতা। বন্ধনীর ভিতরে অবস্থিত ইলেকট্রন দুইটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড়।

(b) সমযোজী বন্ধনের ধ্রুবীয়তা ঃ ধ্রুবীয় অধ্রুবীয় অণু।

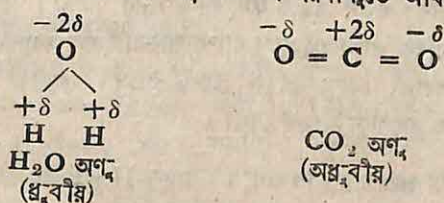
অপরাধর্মিতার বিভিন্ন মান-বিশিষ্ট দুইটি মৌলের পরমাণু সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া যৌগ উৎপন্ন করিলে, সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন-জোড় উভয় পরমাণুর কেন্দ্র হইতে সমদূরত্বে অবস্থান করে না। যোজ্যমান পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে যাহার অপরাধর্মিতার মান অপেক্ষাকৃত বেশী, সেই পরমাণুটি ইলেকট্রন-জোড়কে কিছুটা নিজের দিকে টানিয়া লয়। ইহার ফলে এই পরমাণুটি অল্প পরিমাণে অপরা-তড়িতাহিত (negatively charged) হয় এবং অপর পরমাণুটি অনুরূপ পরিমাণে পরা-তড়িতাহত (positively charged) হয়। যোজ্যমান পরমাণুদ্বয়ের মধ্যবর্তী সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন-জোড়ের এইরূপ অসম বণ্টনের ফলে যৌগের সমযোজী প্রকৃতিতে খানিকটা তড়িৎযোজী বা আয়নীয় প্রকৃতির উদ্ভব হয় এবং উৎপন্ন যৌগের এক প্রান্ত অল্প ধনাত্মক ও অপর প্রান্ত অল্প ঋণাত্মক হয়। যোজ্যমান মৌলদ্বয়ের অপরাধর্মিতার মানের পার্থক্য খুব বেশী না হইলে এইরূপ আধানযুক্ত অংশদ্বয়ের পরিপূর্ণ বিচ্ছেদ (complete separation of charge) ঘটে না ; কিন্তু, ইহার ফলে যৌগটি একটি দ্বিমেরুসম্পন্ন পদার্থের ন্যায় আচরণ করে। এইরূপে সমযোজী বন্ধনের আংশিক আয়নীয় প্রকৃতি প্রাপ্তিকে বন্ধনের ধ্রুবীয়তা বলে। এই সকল যৌগের অণুকে দ্বি-মেরু (পোলার) অণু বা ধ্রুবীয় অণু বলে এবং উহার পরমাণুদ্বয়ের অন্তবর্তী বন্ধনকে ধ্রুবীয় (পোলার) বন্ধন বলে। সমান অপরাধর্মিতাসম্পন্ন দুইটি মৌলের পরমাণুদ্বয়ের

সংযোগের ক্ষেত্রে সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন-জোড়ের এইরূপ স্থানান্তর ঘটে না। উহারা যোজ্যমান পরমাণুদ্বয়ের ঠিক মধ্যস্থলে থাকিয়া উভয় পরমাণু কর্তৃক সমান ভাবে আকৃষ্ট হয়। ফলে, এই জাতীয় যৌগের অণু অধ্রুবীয় (নন্-পোলার) হয় এবং ইহাদের মধ্যেকার বন্ধনও শুদ্ধ সমযোজী (pure covalent) বা অধ্রুবীয় হয়।

হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের অপরাধর্মিতার মান যথাক্রমে 2·1 ও 3·0. একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি ক্লোরিন পরমাণু সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া HCl অণু গঠন করিলে উহাদের মধ্যস্থিত সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন-জোড়টিকে অধিকতর অপরাধর্মী ক্লোরিন পরমাণু নিজের দিকে খানিকটা বেশী টানিয়া লইবে। ফলে, HCl অণুর Cl-পরমাণুতে সামান্য অপরা-আধানের আধিক্য হইবে এবং H-পরমাণুতে অনুরূপ পরিমাণ পরা-আধানের আধিক্য হইবে। সুতরাং, HCl অণুর সমযোজী বন্ধনটি ধ্রুবীয় হইবে এবং HCl অণুও ধ্রুবীয় অণু হইবে। এইরূপে আবদ্ধ অধিকতর অপরা-আধান-সমন্বিত পরমাণুর মাথার উপরে − চিহ্ন বা −δ চিহ্ন বসাইয়া এবং অধিকতর পরা-আধান-সমন্বিত পরমাণুর মাথায় + চিহ্ন বা +δ চিহ্ন বসাইয়া অনেক সময় অণুটির সংকেত লেখা হয়। যথা, $\overset{+}{H}\overset{-}{Cl}$ বা $\overset{+\delta}{H}-\overset{-\delta}{Cl}$. অসম অপরাধর্মিতা-সম্পন্ন বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর সংযোগে উৎপন্ন প্রায় সকল অণুই ধ্রুবীয় হয় এবং উহাদের মধ্যস্থ বন্ধনও ধ্রুবীয় হয়। তবে, ইহা বিশেষভাবে উল্লেখ্য যে, যোজ্যমান মৌলদ্বয়ের কেবল অপরাধর্মিতার পার্থক্যই উৎপন্ন অণুর ধ্রুবীয়তা নিয়ন্ত্রিত করে না। উৎপন্ন অণুর আকৃতির (structure) উপরেই উহার ধ্রুবীয়তা অধিকাংশে নির্ভর করে। H_2O অণু ধ্রুবীয়; কারণ উহার অণুতে পরমাণুগুলি একই সরল রেখায় অবস্থিত নয়। কিন্তু, CO_2 অণু অধ্রুবীয়; কারণ ইহার অণুস্থিত বিভিন্ন পরমাণুতে আধানের পৃথকীকরণ (charge separation) হইলেও আধানের অভিকর্ষ-কেন্দ্র (centre of gravity) পরিবর্তিত হয় না, অর্থাৎ এই অণুর বিভিন্ন পরমাণুতে আধানের বিস্তার সমকেন্দ্রিক।

$$\overset{-2\delta}{O} \text{ bonded to } \overset{+\delta}{H} \text{ and } \overset{+\delta}{H}$$

H_2O অণু
(ধ্রুবীয়)

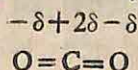
$$\overset{-\delta}{O} = \overset{+2\delta}{C} = \overset{-\delta}{O}$$

CO_2 অণু
(অধ্রুবীয়)

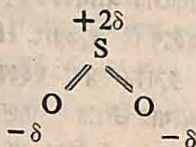
ধ্রুবীয় যৌগ : HF, HCl, HBr, HI, NH_3, H_2O, H_2S, SO_2 প্রভৃতি ধ্রুবীয় যৌগ।

অধ্রুবীয় যৌগ : CO_2, CS_2, CH_4, CCl_4 প্রভৃতি অধ্রুবীয় যৌগ।

(c) **কারণ বর্ণনা :**

(i) CO_2 অণুর গঠন নিম্নরূপ সরলরৈখিক :

$$\overset{-\delta}{O}=\overset{+2\delta}{C}=\overset{-\delta}{O}$$

সরলরৈখিক CO_2 অণুর দুইটি অক্সিজেন-প্রান্তে (C ও O-এর অপরাধর্মিতার ভিন্ন মানের জন্য) স্বল্প নেগেটিভ আধানের উদ্ভব হইয়াছে এবং মধ্যবর্তী কার্বন পরমাণুতে সম-পরিমাণ পজিটিভ আধান সঞ্চিত হইয়াছে। এই বিপরীতধর্মী আধান-দ্বয় একই সরলরেখায় অবস্থিত এবং দুইটি অক্সিজেন পরমাণু হইতে কার্বন পরমাণুর দূরত্ব সমান। কাজেই, এই স্থলে আধানের অভিকর্ষ-কেন্দ্র পরিবর্তিত হয় না ; অর্থাৎ, এই ক্ষেত্রে তড়িৎ-বিস্তার সমকেন্দ্রিক। ফলে, বিপরীতধর্মী আধানদ্বয় পরস্পর প্রশমিত হয় এবং CO_2 অণু অধ্রুবীয় হয়।

SO_2 অণুর গঠন কৌণিক। অর্থাৎ, O – S – O এক সরলরেখায় অবস্থিত নয়।

সেই জন্য এই অণুর অক্সিজেন-প্রান্তদ্বয়ে সঞ্চিত সাধন কেন্দ্রীয় S-পরমাণুতে সঞ্চিত আধান দ্বারা প্রশমিত হয় না। প্রতিটি ধ্রুবীয় S=O বন্ধনের দ্বিমেরু ভ্রামকের মানের একটি লব্ধি (resultant) উৎপন্ন হয়। সেই জন্য SO_2 অণু ধ্রুবীয় হয়।

(ii) H_2O যৌগের বিভিন্ন অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন বর্তমান। ফলে জল একটি সংগুণিত অণুরূপে গঠিত এবং ইহার কার্যকরী আণবিক ওজন উহার ফর্মুলা-ওজন ($H_2O = 18$) হইতে অনেকগুণ বেশী। পক্ষান্তরে, H_2S যৌগের অণুসমূহের মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন নাই। সালফারের অপরাধর্মিতার নিম্নতর মান ও উহার অণুর বৃহত্তর আকারের জন্য ইহা হাইড্রোজেন বন্ধন করে না। ফলে, H_2S একক অণুরূপে অবস্থান করে এবং উহার আণবিক ওজন উহার ফর্মুলা-ওজনের সমান। হাইড্রোজেন বন্ধনের ফলে জল-অণুর আণবিক ওজন এইরূপে বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য স্বাভাবিক তাপ-মাত্রায় H_2O একটি তরল পদার্থ, কিন্তু H_2S একটি গ্যাস। অর্থাৎ, H_2O-এর স্ফুটনাংক H_2S-এর স্ফুটনাংক অপেক্ষা অনেক বেশী।

(iii) অনার্দ্র HF একটি অত্যন্ত ধ্রুবীয় অণু। বস্তুত H – F বন্ধন প্রায় 43% আয়নীয় প্রকৃতির। উপরন্তু হাইড্রোজেন বন্ধনেব ফলে HF অণু সংগুণিত হইয়া উহার কার্যকরী আণবিক ওজন বাড়িয়া যায়। পক্ষান্তরে, অনার্দ্র HCl মোটামুটি সমযোজী যৌগ। উহার অণুর H – Cl বন্ধন প্রায় 17% আয়নীয় প্রকৃতির। HCl অণু হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে সংগুণিত হয় না। ক্লোরিন পরমাণুর বৃহত্তর আকার এই বন্ধন গঠনের সহায়ক নয়। কাজেই HCl সাধারণত একক অণুরূপে অবস্থান করে। ফলে, অনার্দ্র HCl-এর স্ফুটনাংক অনার্দ্র HF অপেক্ষা কম ; বা, অনার্দ্র HF-এর স্ফুটনাংক অনার্দ্র HCl অপেক্ষা বেশী।

*প্রশ্ন। কারণ বর্ণনা কর :

(i) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ সাধারণতঃ কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না।

(ii) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ দ্বি-পরমাণুক অণু গঠন করে না।

(iii) সোডিয়াম ধাতু তীব্রভাবে জলের সহিত বিক্রিয়া করে, কিন্তু Na^+ জলের সহিত বিক্রিয়া করে না।

(iv) জলের স্ফুটনাংক অক্সিজেন-শ্রেণীর অন্যান্য মৌলের হাইড্রাইড যৌগ অপেক্ষা বেশী।

(v) তরল অনার্দ্র HCl ও বিশুদ্ধ জল উভয়েই তড়িতের কুপরিবাহী ; কিন্তু, HCl-এর জলীয় দ্রবণ একটি তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য।

(vi) খাদ্য-লবণের (NaCl) জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবাহী ; কিন্তু চিনির জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবাহী নয়।

(vii) KHF_2 যৌগের অস্তিত্ব জানা আছে ; কিন্তু, $KHCl_2$ যৌগ গঠিত হয় না।

(viii) শুধুমাত্র তড়িৎযোজী যৌগেরই তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্ভব,—সমযোজী যৌগের নয়।

(ix) CO_2 অমেরুক (non-polar), কিন্তু, N_2O দ্বি-মেরুক (dipolar) ; যদিও উভয় অণুই সরলরৈখিক।

(x) পর্যায়-সারণীর IA ও VIIB শ্রেণীর মৌলসমূহ রাসায়নিকভাবে অত্যন্ত সক্রিয়।

(xi) NaCl অনুদ্বায়ী, কিন্তু HCl উদ্বায়ী।

(xii) অসমযোজ্যতা সমযোজ্যতারই প্রকারভেদ মাত্র।

(xiii) তড়িৎযোজী বন্ধনে আবদ্ধ AB যৌগে প্রকৃত ও স্থায়ী রাসায়নিক বন্ধন নাই।

(xiv) অমেরুক (non-polar) দ্রাবকে অমেরুক দ্রাব দ্রবীভূত হয়, কিন্তু দ্বি-মেরুক দ্রাব দ্রবীভূত হয় না।

[Explain why : (i) Inert gases are chemically unreactive ; (ii) Inert gases do not form diatomic molecules ; (iii) Sodium metal reacts violently with water ; but, Na^+ ion does not chemically react with water ; (iv) The boiling point of water is higher than the hydrides of other elements of the oxygen group ; (v) Liquid anhydrous HCl and pure water are both bad conductors of electricity ; but, an aqueous solution of HCl is a strong electrolyte ; (vi) An aqueous solution of NaCl conducts electricity, but an aqueous solution of sugar does not ; (vii) KHF_2 is known ; but $KHCl_2$ is not formed ; (viii) Only electrovalent compounds are electrolysable, but not the covalent compounds ; (ix) CO_2 is

non-polar, but N_2O is polar, though both the molecules are linear ; (x) The elements of groups IA and VIIB of the periodic table are most reactive ; (xi) NaCl is non-volatile, but HCl is volatile ; (xii) Coordinate valency is a special type of covalency ; (xiii) An electrovalent compound AB does not contain a real and strong chemical bond ; (xiv) A non-polar solute dissolves in a non-polar solvent, but a polar solute does not dissolve in it.]

উঃ। (i) মৌলের পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথকে ইলেকট্রন দ্বারা পরিপূর্ণ করিয়া সুস্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাসের প্রচেষ্টায়ই মৌলসমূহ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের পরমাণুর সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথ ইলেকট্রনদ্বারা পূর্ণ এবং উহারা সুস্থায়ী। সুতরাং, এই সকল পরমাণুর ইলেকট্রন দান বা গ্রহণ করিবার কোনরূপ আগ্রহ নাই। সেইজন্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সাধারণতঃ অংশগ্রহণ করে না।

(ii) নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথ ইলেকট্রন দ্বারা পরিপূর্ণ। অতএব, ইহারা নিজেদের কোন ইলেকট্রন দান করিতে বা অপরের কোন ইলেকট্রন গ্রহণ করিতে কোনরূপ আগ্রহ প্রকাশ করে না। দুইটি পরমাণু মিলিত হইয়া দ্বি-পরমাণুক অণু গঠন করিতে হইলে উভয়ের মধ্যে ইলেকট্রন দান ও গ্রহণ বা ইলেকট্রন-জোড় গঠন করা আবশ্যক। অর্থাৎ, উভয়ের মধ্যে তড়িৎযোজ্যতা বা সমযোজ্যতার প্রতিষ্ঠা হওয়া প্রয়োজন। সুস্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাসের অধিকারী হইয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের দুইটি পরমাণুর পক্ষে এইরূপ কোন প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করা সম্ভবপর নয়। সেইজন্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ দ্বি-পরমাণুক অণু গঠন করে না।

(iii) সোডিয়াম অত্যন্ত পরাধর্মী মৌল। উহার পরমাণুর সর্ববহিস্থ (তৃতীয়) কক্ষপথে একটি মাত্র ইলেকট্রন আছে। সোডিয়াম পরমাণু অতি সহজে এবং অল্পায়াসেই এই ইলেকট্রনটি বর্জন করিয়া পূর্ববর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর সুস্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ করিতে চেষ্টা করে। সেইজন্য সোডিয়াম ধাতু রাসায়নিকভাবে অত্যন্ত সক্রিয় এবং উহা জলের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে। কিন্তু, Na^+ আয়নের ইলেকট্রন-বিন্যাস ঐ মৌলের পূর্ববর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস নিয়নের পরমাণুর ন্যায়। ইহা অত্যন্ত সুস্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস। সুতরাং, Na^+ আয়নের সর্ববহিস্থ কক্ষপথ (দ্বিতীয় কক্ষপথ) হইতে ইলেকট্রন বর্জন বা উহাতে ইলেকট্রন গ্রহণ সম্ভবপর নয়। এইজন্য Na^+ আয়ন রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় এবং উহা জলের সহিত বিক্রিয়া করে না।

(iv) যৌগের স্ফুটনাংক সাধারণতঃ উহার আণবিক ওজনের উপর নির্ভর করে। উচ্চতর আণবিক ওজনের যৌগের স্ফুটনাংক, নিম্নতর আণবিক ওজনের যৌগের স্ফুটনাংক অপেক্ষা বেশী হয়। পর্যায় সারণীতে অক্সিজেন-শ্রেণীতে অক্সিজেন-

সালফার, সেলেনিয়াম, টেলুরিয়াম প্রভৃতি মৌল বর্তমান। উহাদের হাইড্রাইড যৌগসমূহ যথাক্রমে H_2O, H_2S, H_2Se, H_2Te. অক্সিজেন-শ্রেণীর মৌলসমূহের অপরাধর্মিতা অক্সিজেন হইতে টেলুরিয়ামে ক্রমশঃ হ্রাসপ্রাপ্ত হয় এবং উহাদের পরমাণুর আকার উক্ত ক্রমে ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। ইহার ফলে H_2O যৌগস্থিত অক্সিজেন পরমাণু হাইড্রোজেন বন্ধনে আবদ্ধ হইতে পারে, কিন্তু অন্য মৌলগুলি এইরূপ বন্ধনে আবদ্ধ হয় না। এই কারণে, H_2O অণুসমূহ হাইড্রোজেন বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া সংগুণিত বৃহৎ অণুরূপে বিরাজ করে, কিন্তু H_2S, H_2Se ও H_2Te অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন কার্যকর হয় না। হাইড্রোজেন বন্ধনে আবদ্ধ সংগুণিত জল-অণুর কার্যকরী আণবিক ওজন অত্যন্ত বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে উহার স্ফুটনাংক অক্সিজেন-শ্রেণীর অন্যান্য মৌলের হাইড্রাইড যৌগ হইতে বেশী হয়।

(v) তরল অনার্দ্র HCl ও বিশুদ্ধ জল উভয়েই সমযোজী যৌগ। সেইজন্য ইহারা তড়িতের উত্তম পরিবাহী নহে। কিন্তু অণুদ্বয় প্রত্যেকেই ধ্রুবীয় অণু। সেইজন্য হাইড্রোজেন ক্লোরাইডকে জলে মিশাইলে জল অণুর অপরাধর্মী অক্সিজেন-প্রান্ত HCl অণুর পরাধর্মী হাইড্রোজেন-প্রান্তকে আকৃষ্ট করিয়া HCl অণু হইতে বিশ্লিষ্ট করিতে পারে। এইরূপে HCl-এর জলীয় দ্রবণে H_3O^+ (হাইড্রোনিয়াম আয়ন) ও Cl^- আয়নের উৎপত্তি হয়। ইহার ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হয়। অর্থাৎ, এই দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে H_3O^+ আয়ন ক্যাথোডের দিকে ও Cl^- আয়ন অ্যানোডের দিকে গমন করিয়া HCl তড়িৎ-বিশ্লেষিত হয়।

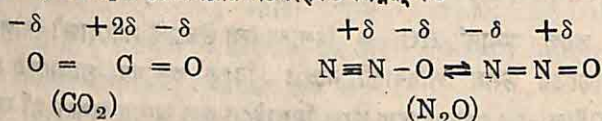
(vi) খাদ্য-লবণ (NaCl) তড়িৎযোজী যৌগ। জলীয় দ্রবণে উহা সম্পূর্ণরূপে Na^+ ও Cl^- আয়নরূপে বিয়োজিত হইয়া থাকে। কিন্তু, চিনি সমযোজী যৌগ। জলীয় দ্রবণে উহার অণু সম্পূর্ণ অবিয়োজিত অবস্থায় বর্তমান থাকে। কোন দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় কোন যৌগ ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নরূপে বর্তমান না থাকিলে উহা তড়িৎ পরিবহন করে না। এই কারণে, খাদ্য-লবণের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবাহী, কিন্তু চিনির জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবাহী নয়।

(vii) হাইড্রোজেন বন্ধনের ফলে হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড সাধারণতঃ দ্বি-অণু (dimer) H_2F_2 রূপে বর্তমান থাকে। কিন্তু, ক্লোরিনের অপেক্ষাকৃত বৃহৎ আকার ও অপেক্ষাকৃত কম অপরাধর্মিতার জন্য HCl অণুদ্বয়ের মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন স্থাপিত হইয়া H_2Cl_2 দ্বি-অণু গঠিত হয় না। দ্বি-অণু H_2F_2 অ্যাসিড লবণ KHF_2 গঠন করে। কিন্তু, এক-অণুক HCl-এর ক্ষেত্রে এইরূপ $KHCl_2$ লবণ গঠন করা সম্ভব নয়।

(viii) তড়িৎযোজী যৌগে যোজ্যমান পরমাণুসমূহ ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নরূপে পরস্পরের প্রতি স্থির-তড়িৎ-আকর্ষণে আবদ্ধ। এই জাতীয় যৌগে স্থায়ী বা সুদৃঢ় প্রকৃত রাসায়নিক বন্ধনের কোনও অস্তিত্ব নাই। সেইজন্য ধ্রুবীয় দ্রাবকে দ্রবীভূত

অবস্থায় বা গলিত অবস্থায় তড়িৎযোজী যৌগ উহার উপাদান আয়নরূপে বর্তমান থাকে। এই অবস্থায় উহাদের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে ক্যাটায়নসমূহ ক্যাথোডের দিকে ও অ্যানায়নসমূহ অ্যানোডের দিকে গমন করে এবং তড়িৎ-দ্বারদ্বয়ে নির্মুক্ত হয়। এইরূপে তড়িৎযোজী যৌগ তড়িৎ-বিশ্লেষিত হয়। কিন্তু, সমযোজী যৌগে উপাদান পরমাণুসমূহ প্রশম অবস্থায় সুদৃঢ় ইলেকট্রনের বন্ধনে আবদ্ধ থাকে। জলীয় দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় উহারা আয়নিত হয় না। সেইজন্যই সমযোজী যৌগ দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ-পরিবহন করে না এবং তড়িৎ-বিশ্লেষিত হয় না। সুতরাং, কেবলমাত্র তড়িৎযোজী যৌগেরই তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্ভব,—সমযোজী যৌগের নয়।

(ix) CO_2 ও N_2O যৌগদ্বয়ের গঠনাকৃতি নিম্নরূপ :

$$\overset{-\delta}{O} = \overset{+2\delta}{C} = \overset{-\delta}{O} \quad (CO_2) \qquad \overset{+\delta}{N} \equiv N - \overset{-\delta}{O} \rightleftharpoons \overset{-\delta}{N} = \overset{+\delta}{N} = O \quad (N_2O)$$

অণু দুইটির উপরোক্ত গঠন হইতে দেখা যায় যে, সরলরৈখিক CO_2 অণুর দুইটি অক্সিজেন-প্রান্তে স্বল্প নেগেটিভ আধানের উদ্ভব হইয়াছে এবং কেন্দ্রীয় কার্বন পরমাণুতে সমপরিমাণ পজিটিভ আধান সঞ্চিত হইয়াছে। এই বিপরীতধর্মী আধানদ্বয় একই সরলরেখায় অবস্থিত এবং দুইটি অক্সিজেন পরমাণু হইতে কার্বন পরমাণুর দূরত্ব সমান। কাজেই এইস্থলে আধানের অভিকর্ষ-কেন্দ্র পরিবর্তিত হয় না ; অর্থাৎ, এই ক্ষেত্রে তড়িৎ-বিস্তার সমকেন্দ্রিক। কাজেই, CO_2 অণু অধ্রুবীয়। পক্ষান্তরে, N_2O অণুর গঠন দুইটি সংস্পন্দনশীল সরলরৈখিক গঠনাকৃতির সমবায়ে উদ্ভূত। প্রতিটি গঠনাকৃতির ক্ষেত্রে দেখা যায় যে অণুস্থ বিভিন্ন পরমাণুতে আধানের বিস্তার অসমকেন্দ্রিক। অর্থাৎ, এইক্ষেত্রে আধানের অভিকর্ষ-কেন্দ্র পরিবর্তিত হইয়াছে। সুতরাং, N_2O অণু ধ্রুবীয়।

(x) মৌলের রাসায়নিক সক্রিয়তা নির্ভর করে উহার পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষপথের ইলেকট্রনের সংখ্যার উপর। প্রতিটি মৌলের পরমাণু উহার সর্ববহিস্থ কক্ষপথের ইলেকট্রন-বিন্যাসকে উহার পূর্ববর্তী বা পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাসের ন্যায় সুস্থায়ী করিতে সর্বদা সচেষ্ট থাকে। এইরূপ করিবার প্রয়াসেই মৌলের রাসায়নিক সক্রিয়তা জন্মে। পর্যায় সারণীর IA ও VIIB শ্রেণীর মৌলদের সর্ববহিস্থ কক্ষপথে যথাক্রমে 1টি ও 7টি ইলেকট্রন বর্তমান। IA শ্রেণীর মৌলসমূহ উহাদের পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষপথের এই একক ইলেকট্রনটিকে অতি সহজেই বর্জন করিয়া উহার পূর্ববর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর সুস্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ করিতে পারে। পক্ষান্তরে, VIIB শ্রেণীর মৌলগুলির পরমাণু অতি সহজেই একটি ইলেকট্রন আহরণ করিয়া উহাদের সর্ববহিস্থ কক্ষপথকে ইলেকট্রন-পূর্ণ করে এবং এইরূপে পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর সুস্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ

করে। রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিবার কালেই এইরূপ ইলেকট্রন বর্জন ও অর্জন সম্ভবপর। এইজন্য পর্যায় সারণীর IA ও VIIB শ্রেণীর মৌলগুলি রাসায়নিক ভাবে অত্যন্ত সক্রিয়।

(xi) NaCl তড়িৎযোজী যৌগ, কিন্তু HCl সমযোজী যৌগ। NaCl যৌগ পরাধর্মী Na^+ আয়ন ও অপরাধর্মী Cl^- আয়নের সমবায়ে গঠিত। বস্তুতঃ, এই যৌগে প্রতিটি আয়ন উহার চতুর্দিকে বিপরীত তড়িৎধর্মী আয়নদ্বারা পরিবৃত থাকিয়া বিস্তৃত আয়নপুঞ্জের সৃষ্টি করে। ইহার ফলে, তড়িৎযোজী যৌগে বিপরীতধর্মী আয়নসমূহের মধ্যে প্রবল তড়িৎ-আকর্ষণ কার্য করে। সুতরাং, তাপপ্রভাবে উদ্বায়িত হইবার কালে প্রতিটি আয়ন উহার বিপরীতধর্মী আয়নসমূহ দ্বারা এত অধিক বলে আকৃষ্ট হয় যে উহাদের উদ্বায়িতা বহুল পরিমাণে কমিয়া যায়। পক্ষান্তরে, সমযোজী HCl যৌগ তড়িৎ-প্রশম একক অণুর সমবায়ে গঠিত। এই সকল অণুর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ খুবই কম। সেইজন্য অতি অল্প তাপমাত্রারই HCl উদ্বায়ী হয়।

(xii) রাসায়নিক বিক্রিয়ার কালে দুইটি পরমাণু এক জোড়া (দুইটি) (বা একাধিক জোড়া) ইলেকট্রন দ্বারা পরস্পর যুক্ত হইয়া এবং ঐ ইলেকট্রন-জোড়কে উভয় পরমাণু সমভাবে ব্যবহারের দ্বারা স্ব স্ব সর্বহিস্থ ইলেকট্রন-কক্ষপথকে পূর্ণ করিয়া যে যোজ্যতা স্থাপিত করে, তাহাকে সমযোজ্যতা বলে। এই যোজ্যতায় ব্যবহৃত ইলেকট্রন-জোড় গঠিত হয় দুইটি পরমাণু দ্বারা সমসংখ্যক ইলেকট্রন দানের ফলে। অসম-যোজ্যতারও দুইটি পরমাণু একটি ইলেকট্রন-জোড় দ্বারা পরস্পর আবদ্ধ থাকে এবং এই ইলেকট্রন-জোড় যোজ্যমান উভয় পরমাণু সমভাবে ব্যবহার করিয়া স্ব স্ব পরমাণুর সর্বহিস্থ কক্ষপথকে ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ করে। কিন্তু, এই ক্ষেত্রে ইলেকট্রন-জোড়টি গঠিত হইবার প্রক্রিয়ায় কিছু প্রভেদ আছে। অসমযোজ্যতায় ব্যবহৃত ইলেকট্রন-জোড়টি যোজ্যমান পরমাণুদ্বয়ের একটির দান; অপর পরমাণুটি এই ইলেকট্রন-জোড় গঠনে কোন ইলেকট্রন দান করে না। যৌগস্থ কোন পরমাণুর যদি একটি (বা একাধিক) অব্যবহৃত নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় বর্তমান থাকে তবে ঐ পরমাণু এই জোড়টিকে বন্ধনের কার্যে দান করিতে পারে এবং অপর একটি পরমাণু যদি এক সঙ্গে এই ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করিয়া তাহার ইলেকট্রন-বিন্যাস সুস্থায়ী করিতে পারে, তবে সে উহা গ্রহণ করে। প্রথম পরমাণুটিকে ইলেকট্রন-দাতা (donor) ও দ্বিতীয় পরমাণুটিকে ইলেকট্রন-গ্রহীতা (acceptor) বলে। ইলেকট্রন-দাতা ইলেকট্রন-জোড়টি দান করে বটে, তবে উহার স্বত্ব ত্যাগ করিয়া এই দানকার্য সম্পাদিত হয় না। অর্থাৎ, দাতা-পরমাণুটির ইলেকট্রন-অষ্টক পূরণেও এই দুইটি ইলেকট্রনের প্রয়োজন হয়। এইরূপে ইলেকট্রন-জোড় দান ও গ্রহণ করিবার পর উভয় পরমাণু উহাকে সমভাবে ব্যবহার করিয়া স্ব স্ব ইলেকট্রন-বিন্যাস সুস্থায়ী করে। সুতরাং, সমযোজ্যতা ও অসমযোজ্যতার মূল প্রকৃতি হইল একটি ইলেকট্রন-জোড় দ্বারা দুইটি পরমাণুর মধ্যে বন্ধন স্থাপন এবং এই ইলেকট্রন-জোড় উভয়ের সমভাবে ব্যবহার। এই দুই ধরণের যোজ্যতার মধ্যে পার্থক্য শুধু ইলেকট্রন-জোড় গঠনের

প্রক্রিয়ায়। প্রথম ক্ষেত্রে যোজ্যমান উভয় পরমাণুর দানে ইলেকট্রন-জোড় গঠিত হয়, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে এই ইলেকট্রন-জোড় যোজ্যমান পরমাণুদ্বয়ের একটির দান। ইহা ব্যতীত এই দুই প্রকারের যোজ্যতার মধ্যে কোন পার্থক্য নাই। বস্তুতঃ, সমযোজ্যতা স্থাপিত হইবার পর এই বন্ধনের ইলেকট্রন-দ্বয়ের সূত্র (origin) সম্পর্কে কোনরূপ পার্থক্য করা যায় না। কাজেই, অসমযোজ্যতা সমযোজ্যতারই প্রকারভেদ মাত্র।

(xiii) তড়িৎযোজী AB যৌগ গঠিত হইবার কালে A ও B মৌলের মধ্যে পরাধর্মী মৌলের পরমাণুটি একটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া এক-পরাধর্মী আয়ন গঠন করে। এইরূপে ঐ পরমাণু উহার পূর্ববর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর সুস্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ করে। অপরাধর্মী মৌলের পরমাণু ঐ ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া এক-অপরাধর্মী আয়ন গঠন করে এবং এইরূপে উহার পরবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর সুস্থায়ী ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ করে। এই দুইটি বিপরীত তড়িৎধর্মী আয়ন স্থির-তড়িৎ-আকর্ষণে পরস্পর যুক্ত থাকিয়া AB যৌগ উৎপন্ন করে। সুতরাং, AB যৌগের উপাদান পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে কেবলমাত্র কুলম্বীয় আকর্ষণ বর্তমান। ইলেকট্রন-জোড় গঠনের মাধ্যমে উভয় পরমাণুর মধ্যে সুদৃঢ় রাসায়নিক বন্ধন এই ক্ষেত্রে অনুপস্থিত।

(xiv) দ্বিমেরুক দ্রাবের অণুসমূহ বিপরীতধর্মী মেরুসমূহের পারস্পরিক আকর্ষণে দৃঢ়ভাবে যুক্ত থাকে। এই অণুসমূহকে কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত করিতে হইলে দ্রাবক-অণুর আকর্ষণ পূর্বোক্ত দ্রাব-অণুসমূহের পারস্পরিক আকর্ষণ অপেক্ষা অধিক হওয়া প্রয়োজন। অমেরুক দ্রাবকের অণুসমূহ সম্পূর্ণ তড়িৎ-প্রশম অবস্থায় একক অণুরূপে বর্তমান থাকে। সুতরাং, ইহাদের পক্ষে দ্বিমেরুক অণুকে আকৃষ্ট করিয়া দ্রাবকে লইয়া আসা বা দ্রবীভূত করা সম্ভবপর নয়। পক্ষান্তরে, অমেরুক দ্রাবের অণুসমূহ সম্পূর্ণ তড়িৎ-প্রশম অবস্থায় পরস্পর স্বল্প আকর্ষণে আকৃষ্ট হইয়া সংঘবদ্ধ থাকে। অমেরুক দ্রাবক-অণুসমূহ (সাধারণতঃ ইহাদের সংখ্যা দ্রাব-অণুর সংখ্যা অপেক্ষা অনেক বেশী) দ্রাবের অণুপুঞ্জ হইতে উহাদিগকে অল্পায়াসেই পৃথক্ করিয়া দ্রাবকে লইয়া আসিতে পারে বা দ্রবীভূত করিতে পারে। এইজন্য অমেরুক দ্রাব অমেরুক দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু দ্বিমেরুক দ্রাব অমেরুক দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না।

*প্রশ্ন। নিম্নলিখিত বক্তব্যগুলি ভুল না নির্ভুল, তাহা ব্যাখ্যা সহ নির্ণয় কর :
(i) A ও B বিভিন্ন মৌল হইলে দ্বিপরমাণুক AB অণুটি ধ্রুবীয় (polar) হইবে ; (ii) শুধু মাত্র তড়িৎযোজী যৌগেরই তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্ভব—সমযোজী যৌগের নয় ; (iii) সমযোজী যৌগমাত্রই অধ্রুবীয় (non-polar) ; (iv) অসমযোজী যৌগ অধ্রুবীয় হইবে ; (v) কার্বন ও ক্লোরিন মৌলের অপরাধর্মিতার মান বিভিন্ন। অতএব, CCl_4 যৌগ ধ্রুবীয় হইবে।

[State, with explanation, whether the following statements are

true or false : (i) The diatomic molecule AB of two different elements A and B will be polar ; (ii) Only the electrovalent compounds are electrolysable,—not the covalent ones ; (iii) All covalent compounds are non-polar ; (iv) Compounds with coordinate valency are non-polar ; (v) Carbon and chlorine have different electronegativities. So, the compound CCl_4 will be polar.]

উঃ। (i) বক্তব্যটি ঠিক। বিভিন্ন মৌলের অপরাধর্মিতার মান বিভিন্ন। সুতরাং, A ও B মৌলের সংযোগে উৎপন্ন দ্বি-পরমাণুক অণু AB ধ্রুবীয় হইবে। যদি মৌলদ্বয়ের একটির অপরাধর্মিতা অতি তীব্র হয় এবং অন্যটির পরাধর্মিতা অতি তীব্র হয়, তবে উৎপন্ন যৌগটি তড়িৎযোজী হইবে। [এই ক্ষেত্রে পরাধর্মী মৌলের পরমাণু উহার ইলেকট্রন বর্জন করিবে ও অপরাধর্মী মৌলের পরমাণু ঐ বর্জিত ইলেকট্রন গ্রহণ করিবে। ফলে, একটি পরা-আধানযুক্ত আয়ন ও একটি অপরা-আধানযুক্ত আয়ন উৎপন্ন হইয়া উভয়ে স্থির-তড়িৎ-আকর্ষণে পরস্পর যুক্ত থাকিয়া AB যৌগ গঠন করিবে। AB যৌগটি সম্পূর্ণ ধ্রুবীয় (completely polarised) হইবে।] পক্ষান্তরে, A ও B-এর অপরাধর্মিতার মানের পার্থক্য খুব বেশী না হইলে উভয়ের মধ্যে ইলেকট্রন-জোড় গঠনের মাধ্যমে সমযোজী বন্ধন স্থাপিত হইবে। কিন্তু, এই ক্ষেত্রে অধিকতর অপরাধর্মী মৌলের পরমাণুটি ইলেকট্রন-জোড়কে খানিকটা নিজের দিকে টানিয়া লইবে। ফলে, উহা সামান্য অপরা-আধানযুক্ত এবং অপর পরমাণুটি সামান্য পরা-আধানযুক্ত হইবে। এইরূপে AB অণুটি ধ্রুবীয় হইবে।

(ii) বক্তব্যটি ঠিক। তড়িৎযোজী যৌগ পরাধর্মী ও অপরাধর্মী আয়নের সমবায়ে গঠিত। কিন্তু, সমযোজী যৌগ তড়িৎ-প্রশম অণুপুঞ্জ দ্বারা গঠিত। গলিত অবস্থায় বা ধ্রুবীয় দ্রাবকে তড়িৎযোজী যৌগ আয়নরূপে বিয়োজিত হইয়া অবস্থান করে। কিন্তু, সমযোজী যৌগ গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে সম্পূর্ণ তড়িৎ-প্রশম অণু রূপেই বর্তমান থাকে। তরলে (গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে) আয়নসমূহই তড়িৎ পরিবহণ করে। সুতরাং, গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে তড়িৎযোজী যৌগ তড়িৎ পরিবহন করিবে, সমযোজী যৌগ তড়িৎ পরিবহন করিবে না। তড়িৎ পরিবহনের কালে তড়িৎযোজী যৌগের ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোডে গিয়া নিমুক্ত হইবে এবং অ্যানায়নগুলি অ্যানোডে গিয়া নিমুক্ত হইবে। এইরূপে তড়িৎযোজী যৌগ তড়িৎ-বিশ্লেষিত হইবে। কিন্তু, সমযোজী যৌগের ক্ষেত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষণ হইবে না।

(iii) বক্তব্যটি সম্পূর্ণ নির্ভুল নয়। দুইটি যোজ্যমান মৌলের অপরাধর্মিতার মান যদি সমান হয়, তবে উহাদের পরমাণুর সংযোগে গঠিত যৌগ শুদ্ধ সমযোজী হইবে। এই ক্ষেত্রে, অপরাধর্মিতার অভিন্নতা হেতু পরমাণুদ্বয়ের মধ্যস্থিত বন্ধন-ইলেকট্রন-জোড় উভয় পরমাণু কর্তৃক সমভাবে আকৃষ্ট হইয়া উভয় পরমাণু হইতে সম-দূরত্বে অবস্থিত থাকিবে। অতএব, এইরূপ ক্ষেত্রে উৎপন্ন যৌগ ধ্রুবীয় হইবে না।

কিন্তু যোজ্যমান মৌলদ্বয়ের অপরাধর্মিতার মান যদি বিভিন্ন হয়, তবে উহাদের পরমাণুদ্বয়ের সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন-জোড়টি উভয় পরমাণুর ঠিক মধ্যস্থলে অবস্থান করিবে না। অধিকতর অপরাধর্মী মৌলের পরমাণুটি ঐ ইলেকট্রন-জোড়কে কিছুটা পরিমাণে নিজের দিকে টানিয়া লইবে। ফলে, উহাতে সামান্য অপরা-আধানের আবির্ভাব হইবে এবং অপর পরমাণুটিতে অনুরূপ পরিমাণ পরা-আধান উৎপন্ন হইবে। এইরূপে যৌগটি ধ্রুবীয় হইবে। সুতরাং, সমযোজী সব যৌগই যে অধ্রুবীয় হইবে, তেমন কোন কথা নাই। যোজ্যমান মৌলদ্বয়ের অপরাধর্মিতার মানের উপরই নির্ভর করিবে যে উহাদের যৌগ ধ্রুবীয় হইবে, না অধ্রুবীয় হইবে।

(iv) বক্তব্যটি ভুল। অসমযোজী যৌগ সাধারণতঃ ধ্রুবীয় হয়। অসমযোজী বন্ধন সৃষ্টিতে একটি পরমাণু ইলেকট্রন-জোড় দান করে এবং অপরটি ঐ জোড় গ্রহণ করিয়া পরে উভয়ে সমভাবে ঐ দুইটি ইলেকট্রন উহাদের ইলেকট্রন-বিন্যাসের স্থায়িত্ব-করণে ব্যবহার করে। ফলে, যে পরমাণুটি ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করে, তাহার অপরা-তড়িৎশক্তির সামান্য আধিক্য হয় এবং যে পরমাণুটি ইলেকট্রন-জোড় দান করে, তাহার পরা-তড়িৎশক্তি সামান্য বৃদ্ধি পায়। সুতরাং, উৎপন্ন অণুর দুইটি অংশ একই সঙ্গে ইলেকট্রন-জোড়ের যুগ্ম অংশীদার হয় এবং উৎপন্ন বিপরীতধর্মী তড়িতের আকর্ষণেও যুক্ত থাকে। সুতরাং, এই জাতীয় যৌগ সাধারণতঃ ধ্রুবীয় হয়। [এই কারণে, এইরূপ বন্ধনকে অনেক সময় **অর্ধ-ধ্রুবীয় বন্ধন** (Semi-polar bond) বলা হয়।]

(v) বক্তব্যটি ভুল। কার্বন ও ক্লোরিন পরমাণুর অপরাধর্মিতার মান বিভিন্ন। CCl_4 যৌগে মৌলদ্বয় সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ। সুতরাং, প্রতিটি $C-Cl$ বন্ধন ধ্রুবীয়তা প্রাপ্ত হইয়া $\overset{+\delta}{C}-\overset{-\delta}{Cl}$ রূপে অবস্থান করিবে। কিন্তু, CCl_4 যৌগের আকৃতি সুষম চতুস্তলকীয়। সুতরাং, প্রতিটি $\overset{+\delta}{C}-\overset{-\delta}{Cl}$ বন্ধনের ধ্রুবীয়তা থাকিলেও অণুর কাঠামোর বিভিন্ন নির্দিষ্ট দিকে উহাদের অবস্থানের জন্য এই ধ্রুবীয় আকর্ষণ পরস্পর প্রশমিত হইয়া যায়; অর্থাৎ, এই অণুর মধ্যে একটি তড়িৎ-প্রতিসাম্য (electrical symmetry) স্থাপিত হয়। এই জন্যই CCl_4 অণু অধ্রুবীয়। [CH_4 অণুও অনুরূপ কারণে অধ্রুবীয় হয়।]

প্রশ্ন ৪। (a) 'তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী' বলিতে কি বুঝ? একটি ধাতু কর্তৃক অপর একটি ধাতুর যৌগ হইতে উক্ত ধাতুটিকে প্রতিস্থাপন করিবার নীতি কি?

(b) কারণ বর্ণনা কর:

(i) বিশুদ্ধ ধাতু সাধারণ বায়ুতে অবিকৃত থাকে, কিন্তু বাণিজ্যিক ধাতু বায়ু দ্বারা আক্রান্ত হয়। (ii) তামার পাতে একটি অ্যালুমিনিয়ামের পেরেক প্রোথিত থাকিলে বায়ুর সংস্পর্শে পেরেকটি সহজেই ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। (iii) কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে কপার ও জিংকের পাত ডুবাইলে উহা ক্ষয়প্রাপ্ত হয়।

[(a) What is electrochemical series and the principle of displacement of one metal from its compound by another metal atom.

(b) Explain why :

(i) Pure metals are not affected by atmospheric agencies, but technical metals are usually affected. (ii) An aluminium pin, pegged through a copper sheet, is easily affected by atmospheric agents. (iii) Zinc and copper plates, immersed in water containing dissolved carbon dioxide, undergoes corrosion.]

উত্তর। (a) **তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী ঃ**

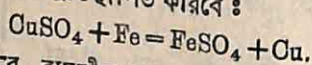
বিভিন্ন ধাতুকে উহাদের প্রমাণ তড়িৎ-দ্বার বিভব (যথা, প্রমাণ জারণ- বা বিজারণের-বিভবের মানের ক্রমানুসারে সাজাইলে যে শ্রেণী রচিত হয়, তাহাকে ধাতু-সমূহের **তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী** বা **তড়িৎ-বিভব শ্রেণী** বলা হয়। সাধারণত এই শ্রেণীতে ধাতুসমূহকে উহাদের ক্রমহ্রাসমান জারণ-বিভব (তথা, উহাদের ক্রমহ্রাসমান বিজারক-শক্তি) অনুসারে সাজানো হয়। পার্শ্বে কয়েকটি ধাতুকে তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে সজ্জিত করিয়া দেখানো হইয়াছে।

Li
K
Na
Mg
Al
Mn
Zn
Fe
Cd
Co
Ni
Sn
Pb
H
Bi
Cu
Ag
Hg
Au

হাইড্রোজেনের প্রমাণ তড়িৎ-দ্বার বিভবকে শূন্য ধরিয়া পার্শ্বের শ্রেণীতে ধাতু-গুলিকে সাজানো হইয়াছে। এই শ্রেণী-ভুক্ত লিথিয়ামের প্রমাণ জারণ-বিভবের মান সর্বাধিক ও গোল্ডের ঐ মান সর্বনিম্ন। এই শ্রেণীর উপরের দিক হইতে নীচের দিকে ক্রমশঃ নামিলে ধাতুর আয়নে পরিণত হওয়ার বা জারিত হওয়ার প্রবণতা ক্রমেই হ্রাস পায় এবং নীচের দিক হইতে উপরের দিকে উঠিলে ঐ প্রবণতা ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত কোন ধাতুকে অ্যাসিড-দ্রবণে ডুবাইলে (এই দ্রবণে H^+ বর্তমান থাকে), উহা ইলেকট্রন বর্জন করিয়া ধাতব আয়নে পরিণত হয় এবং বর্জিত ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অ্যাসিড-দ্রবণের H^+ আয়ন হাইড্রোজেন পরমাণুতে এবং পরে H_2 অণুতে পরিণত হয়। কিন্তু, এই শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নীচে যে সকল ধাতু অবস্থিত, তাহাদের জারণ-বিভব হাইড্রোজেনের জারণ-বিভব অপেক্ষা কম হওয়ায়, উহারা অ্যাসিড-দ্রবণ হইতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে পারে না। পুনরায়, জারণ-বিভবের পার্থক্য হেতু, এই শ্রেণীতে অবস্থিত কোন ধাতু উহার নিম্নে অবস্থিত কোন ধাতুর লবণের দ্রবণ হইতে শেষোক্ত ধাতুটিকে প্রতিস্থাপিত করিবে। সুতরাং, এই শ্রেণীতে ধাতুসমূহের অবস্থান জানিয়া, একটি ধাতব লবণের দ্রবণ হইতে ধাতুটিতে অধঃক্ষিপ্ত করিতে কোন্ ধাতু ব্যবহার করিতে হইবে, তাহা জানা যায়। এই শ্রেণীতে কোন

একটি ধাতুর অবস্থান যত উপরের দিকে হইবে, উহার বিজারক-শক্তি তত বেশী হইবে। সুতরাং, এই শ্রেণীতে ধাতুর অবস্থান দেখিয়া উহাদের বিজারক-শক্তির তুলনা করা যায়।

ধাতু কর্তৃক ধাতু প্রতিস্থাপনের নীতি : তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে ধাতুগুলিকে উহাদের ক্রম-হ্রাসমান বিজারণ-ক্ষমতা অনুযায়ী সাজানো হইয়াছে। অর্থাৎ, এই শ্রেণীতে উচ্চতর স্থানে অবস্থিত ধাতু উহার নিম্নে অবস্থিত ধাতু হইতে অধিকতর বিজারণধর্মী। ধাতুর আয়ন ধাতব পরমাণুর জারিত রূপ এবং ধাতব পরমাণু ধাতব আয়নের বিজারিত রূপ। সুতরাং, তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে উচ্চতর স্থানে অবস্থিত ধাতব পরমাণু উহার নিম্নে অবস্থিত যে-কোন ধাতব আয়নকে বিজারিত করিয়া ঐ ধাতুর পরমাণুতে পরিণত করিবে। ফলে, কোন ধাতব যৌগের অণু হইতে ঐ ধাতু অপেক্ষা ঊর্ধ্বে অবস্থিত ধাতু প্রথম ধাতুটিকে প্রতিস্থাপিত করিবে এবং দ্বিতীয় ধাতুটি জারিত হইয়া উহার আয়নে (তথা যৌগে) পরিণত হইবে। উদাহরণস্বরূপ, আয়রন ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে কপারের ঊর্ধ্বে অবস্থিত। অতএব, কপার সালফেট যৌগকে (ইহাতে Cu^{++} আয়ন বর্তমান) আয়রন বিজারিত করিয়া ধাতব কপারে পরিণত করিবে এবং নিজে ফেরাস সালফেটে পরিণত হইবে। অর্থাৎ, $CuSO_4$ যৌগ হইতে কপারকে আয়রন প্রতিস্থাপিত করিবে :

$$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu.$$

(b) (i) ধাতুর বায়বীয় ক্ষয় সাধারণতঃ তড়িৎ-রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফল। অবিশুদ্ধ ধাতুতে একাধিক ধাতুর কণিকা বর্তমান থাকে। আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে উহারা বহুসংখ্যক ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র তড়িৎ-কোষের সৃষ্টি করিয়া উহাদের মধ্যে মৃদু তড়িৎ প্রবাহিত করে। ফলে, মূল ধাতুটি উহার যৌগে পরিণত হইয়া ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। বিশুদ্ধ ধাতুতে এইরূপ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র তড়িৎ-কোষের সৃষ্টি হয় না। কাজেই, কোনরূপ তড়িৎ-রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ধাতুটি ক্ষয়প্রাপ্ত হয় না।

(ii) অ্যালুমিনিয়াম তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে কপারের অনেক ঊর্ধ্বে অবস্থিত। অর্থাৎ, অ্যালুমিনিয়াম কপার অপেক্ষা অধিকতর বিজারণ-ধর্মী। কপারের পাতে একটি অ্যালুমিনিয়ামের পেরেক প্রবিষ্ট করাইলে উহারা একটি তড়িৎ-কোষের তড়িৎ-দ্বারদ্বয় রূপে অবস্থান করে। আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে এই তড়িৎ-কোষে তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম সহজেই জারিত হয় এবং ক্ষয়প্রাপ্ত হয়।

(iii) সাধারণতঃ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের সংস্পর্শে ধাতুর ক্ষয় ত্বরান্বিত হয়। জলে দ্রবীভূত কার্বন ডাই-অক্সাইড মৃদু অ্যাসিড ; সুতরাং, ইহা তড়িৎ-বিশ্লেষ্য। সুতরাং, ইহার সংস্পর্শে জিংক ও কপারের পাত ক্ষয়প্রাপ্ত হয়।

প্রশ্ন ১। বিশদ টীকা লিখ :

(a) আকরিক ও খনিজ ; (b) স্বতঃ বিজারণ, তড়িৎ-বিজারণ ও কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি (ধাতু-নিষ্কাশনের) ; (c) বিগালক ও ধাতুমল ; (d) আকরিক গাঢ়ীকরণ। (e) তাপ-জারণ ও ভস্মীকরণ।

[Write explanatory notes on :

(a) Ores and minerals ; (b) Self reduction, electrolytic reduction and carbon reduction processes ; (c) Fluxes and slags ; (d) Concentration of ores ; (e) Calcination and roasting.]

উত্তর। (a) খনিজ ও আকরিক : অধিকাংশ ধাতুই প্রকৃতিতে যৌগবন্ধ অবস্থায় অবস্থান করে। [স্বর্ণ, প্ল্যাটিনাম, রৌপ্য প্রভৃতি কয়েকটি বরধাতু (noble metal) অনেক সময় প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।] এইরূপে যৌগবন্ধ ধাতু মাটির নিচে খনিতে, পাহাড়-পর্বতে শিলা বা পাথর রূপে বা অনেক সময় মাটির উপরেও মৃত্তিকা, বালুকা, অন্যান্য ধাতব যৌগ প্রভৃতির সহিত একত্রিত হইয়া অবস্থান করে। প্রকৃতিজ এইরূপ পদার্থকে খনিজ বা আকরিক বলা হয়। খনিজ ও আকরিক মোটামুটি সমার্থক হইলেও ধাতুর নিষ্কাশন-কার্যে ইহাদের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য বর্তমান। সেইজন্য এই পদার্থদ্বয়ের সংজ্ঞায়ও সাধারণতঃ কিছুটা পার্থক্য করা হয়। খনিজ বলিতে আমরা প্রকৃতিজ এমন একটি পদার্থ বুঝি, যাহাতে প্রয়োজনীয় কোন ধাতু বা অধাতু বিদ্যমান। খনিজ হইতে প্রয়োজনীয় ধাতুটিকে অনেক সময় স্বল্প ব্যয়ে এবং সহজ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা সম্ভবপর হয় না। কোন ধাতুর আকরিক বলিতে আমরা উহার সেই সকল খনিজ পদার্থকে বুঝি, যাহা হইতে স্বল্প ব্যয়ে এবং সহজ পন্থায় যথাসম্ভব অধিক পরিমাণে ধাতুটিকে নিষ্কাশিত করা যায়। উদাহরণস্বরূপ, প্রকৃতিতে আয়রনের খনিজ রূপে হিমাটাইট (Fe_2O_3) এবং আয়রন পাইরিটিস্ (FeS_2) প্রভূত পরিমাণে পাওয়া যায়। কিন্তু, আয়রন পাইরিটিস্ হইতে স্বল্প ব্যয়ে ও সহজ পদ্ধতিতে আয়রন নিষ্কাশিত করা অনেক স্থলে সম্ভব হয় না। সেইজন্য আয়রন পাইরিটিস্‌কে সাধারণতঃ আয়রনের আকরিক রূপে ব্যবহার করা হয় না। হিমাটাইট খনিজটিই আয়রনের প্রধান আকরিক রূপে পরিগণিত এবং পৃথিবীর প্রায় সর্বত্র এই আকরিকটি হইতেই আয়রন ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়। সুতরাং, কোন ধাতুর আকরিক সর্বদাই উহার খনিজ, কিন্তু কোন ধাতুর যে-কোন খনিজই উহার আকরিক না-ও হইতে পারে।

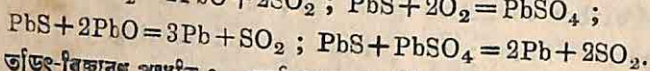
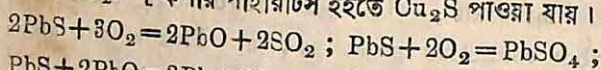
(b) স্বতঃ-বিজারণ, তড়িৎ-বিজারণ ও কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি :

স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে সচরাচর ধাতুর সালফাইড আকরিক হইতে ধাতুটিকে নিষ্কাশিত করা হয়। ধাতব সালফাইড আকরিককে যথোপযুক্ত অবস্থায় আংশিকভাবে তাপ-জারিত করিয়া উহার একটি অংশকে ধাতব অক্সাইডে (ও অল্প

পরিমাণ ধাতব সালফেটে) পরিণত করা হয় এবং অবশিষ্টাংশ মূল সালফাইডরূপে বর্তমান থাকে। এই প্রক্রিয়ায় যে অক্সাইড ও সালফেট যৌগ উৎপন্ন হয়, তাহারাই উচ্চতর তাপমাত্রায় জারক-দ্রব্যরূপে অপরিবর্তিত ও অবশিষ্ট ধাতব সালফাইডের সহিত ক্রিয়াম্বিত হইয়া উভয়েই ধাতুতে পরিণত হয়। বাহির হইতে কোন বিজারক পদার্থ এই প্রক্রিয়ায় ব্যবহার করা হয় না বলিয়া, ইহাকে স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি বলা হয়।

কপার ও লেড ধাতুকে উহাদের সালফাইড আকরিক হইতে এই পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয়। $2Cu_2S+3O_2=Cu_2O+2SO_2\uparrow$; $Cu_2S+2Cu_2O=6Cu+SO_2$. [কপার পাইরিটিস হইতে Cu_2S পাওয়া যায়।]

$2PbS+3O_2=2PbO+2SO_2$; $PbS+2O_2=PbSO_4$;

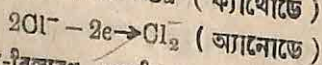
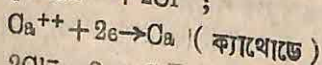
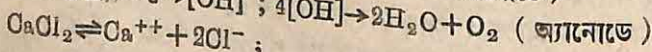
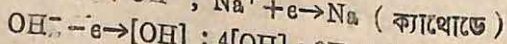
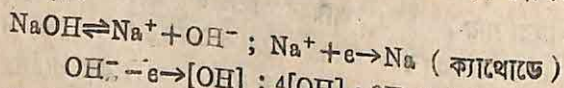
$PbS+2PbO=3Pb+SO_2$; $PbS+PbSO_4=2Pb+2SO_2$.

তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতি ঃ সোডিয়াম ও পটাশিয়াম ধাতু কার্বন অপেক্ষা অধিকতর বিজারণধর্মী হওয়ায় উহাদের অক্সাইডকে কার্বন দ্বারা বিজারিত করিয়া ধাতু নিষ্কাশন করা যায় না। ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের অক্সাইডও সাধারণ ভাবে কার্বন দ্বারা সম্পূর্ণরূপে বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয় না। এই সকল ধাতু নিষ্কাশনে তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়। তড়িৎ-কোষের ক্যাথোডে ইলেকট্রনের আধিক্য হেতু ঐ তড়িৎদ্বারে বিজারণ সহজে সম্পন্ন হয়। উপরোক্ত ধাতুসমূহের বিশুদ্ধ অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড ও ক্লোরাইড যৌগকে একক ভাবে বা অন্য কোন উপযুক্ত যৌগের সংমিশ্রণে গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে ক্যাথোডে প্রায়-বিশুদ্ধ ধাতুটি উৎপন্ন হয়। এই পদ্ধতিতে ধাতু-বিজারণকে তড়িৎ-বিজারণ বলে। সোডিয়াম ও পটাশিয়ামকে উহাদের গলিত হাইড্রক্সাইড বা ক্লোরাইড হইতে তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয়। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামকে উহাদের গলিত ক্লোরাইড হইতে তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয়। বিশুদ্ধ Al_2O_3-কে গলিত ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত করিয়া তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা হয়। এই পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত ধাতুগুলি ক্যাথোডে উৎপন্ন হয়।

$NaOH\rightleftharpoons Na^++OH^-$; $Na^++e\rightarrow Na$ (ক্যাথোডে)

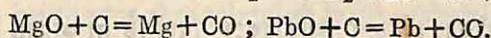
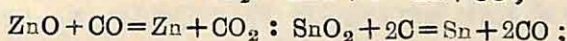
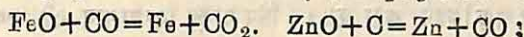
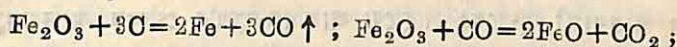
$OH^--e\rightarrow[OH]$; $4[OH]\rightarrow 2H_2O+O_2$ (অ্যানোডে)

$CaCl_2\rightleftharpoons Ca^{++}+2Cl^-$;

$Ca^{++}+2e\rightarrow Ca$ (ক্যাথোডে)

$2Cl^--2e\rightarrow Cl_2$ (অ্যানোডে)

কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি ঃ কার্বন (কোক) দ্বারা ধাতব অক্সাইডকে উচ্চ তাপমাত্রায় বিজারিত করিয়া ধাতু নিষ্কাশনের পদ্ধতিকে কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি বলা হয়। কোন ধাতুর অক্সাইড আকরিক সহজলভ্য হইলে অনেক সময় উহাকে সরাসরি কার্বন দ্বারা বিজারিত করা হয়। আবার অনেকক্ষেত্রে ধাতুর কার্বনেট বা সালফাইড আকরিককে তাপ-জারিত ও ভস্মীকৃত করিয়া উৎপন্ন অক্সাইডকে কার্বন দ্বারা বিজারিত

করা হয়। কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে মৌলিক কার্বন বা উহা হইতে উৎপন্ন কার্বন মনক্সাইড বিজারণ-কার্য সম্পন্ন করে। [$2C+O_2=2CO$; $C+O_2=CO_2$; $CO_2+C=2CO$, জাতীয় বিভিন্ন বিক্রিয়ায় কার্বন হইতে কার্বন মনক্সাইড গঠিত হয়।] আয়রন, জিংক, টিন, ম্যাগনেসিয়াম, লেড প্রভৃতি ধাতুকে কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয়। [এই স্থলে উল্লেখ্য যে, কয়েকটি ধাতুর অক্সাইডকে কার্বন দ্বারা বিজারিত করিতে গেলে ধাতব কার্বাইড গঠিত হয়। যথা, Ca, Al ইত্যাদি। ইহাদের অক্সাইডকে কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি প্রয়োগে ধাতুরূপে বিজারিত করা যায় না।]

$Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO\uparrow$; $Fe_2O_3+CO=2FeO+CO_2$;
$FeO+CO=Fe+CO_2$. $ZnO+C=Zn+CO$;
$ZnO+CO=Zn+CO_2$: $SnO_2+2C=Sn+2CO$;
$MgO+C=Mg+CO$; $PbO+C=Pb+CO$.

(c) **ধাতুমল ও বিগালক :** গাঢ়ীকৃত ও তাপ-জারিত আকরিকেও অধিকাংশ সময় কতকগুলি অশুদ্ধি বর্তমান থাকে। ইহারা সাধারণতঃ সিলিকেট বা ফসফরাস-ঘটিত ধাতব যৌগ। আকরিকের প্রয়োজনীয় ধাতুটির যৌগের সহিত ইহারা সাধারণতঃ অত্যন্ত দৃঢ়ভাবে মিলিয়া থাকে। এই সকল অশুদ্ধিগুলিকে প্রয়োজনীয় ধাতু হইতে দূরীভূত করিতে হইলে অন্য কোন রাসায়নিক পদার্থের সংমিশ্রণে উচ্চ তাপমাত্রায় আকরিককে বিগলিত করিতে হয়। এই অবস্থায় ঐ সকল অশুদ্ধিগুলি ব্যবহৃত রাসায়নিক পদার্থের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করিয়া অদ্রাব্য যৌগ উৎপন্ন করে। এই যৌগগুলি সাধারণতঃ নিষ্কাশিত গলিত ধাতুর উপরে ভাসিয়া থাকে এবং ইহাদের সহজেই দূরীভূত করা যায়। উপরি-উক্ত যে সকল রাসায়নিক দ্রব্য বা বিকারক আকরিকের অবাঞ্ছিত অপদ্রব্য বা অশুদ্ধিগুলির (খনিজ মল) সহিত উচ্চতাপে বিক্রিয়া করিয়া উহাদিগকে অন্য যৌগরূপে বিগলিত অবস্থায় অপসারিত করে, তাহাদিগকে **বিগালক** বলে। বিগালকের সহিত আকরিকের অশুদ্ধির রাসায়নিক সংযোগে যে উৎপন্ন পদার্থ গলিত অবস্থায় পাওয়া যায়, তাহাকে **ধাতুমল** বলে।

অর্থাৎ, **বিগালক + খনিজ মল = ধাতুমল।**

(d) **আকরিকের গাঢ়ীকরণ :** প্রকৃতিতে প্রাপ্ত প্রায় সকল আকরিকেই কম বা বেশী পরিমাণে অশুদ্ধি বা খনিজমল বর্তমান থাকে। আকরিকের এই সকল অশুদ্ধি বা অপদ্রব ধাতু-নিষ্কাশনের পূর্বে যথাসম্ভব দূরীভূত করিয়া আকরিকে প্রয়োজনীয় ধাতব-যৌগের পরিমাণ বৃদ্ধি করিবার প্রক্রিয়াকে **আকরিকের গাঢ়ীকরণ** বলা হয়। আকরিক এবং উহার সহিত মিশ্রিত অশুদ্ধিসমূহের প্রকৃতি অনুযায়ী বিভিন্ন পদ্ধতিতে এই গাঢ়ীকরণ সম্পন্ন করা হয়।

চূর্ণ আকরিককে জলে প্রলম্বিত করিয়া উত্তমরূপে আলোড়িত করিলে এবং জলধারা প্রবাহিত করিলে, অপেক্ষাকৃত ভারী ধাতব আকরিকের চূর্ণ নীচে থিতাইয়া

পড়ে ও মাটি বা বালুকা এবং ঐ জাতীয় হালকা অশুদ্ধিচূর্ণ জল-ধারার সহিত দূরে নিক্ষিপ্ত হয়। অতঃপর, আকরিক-চূর্ণের সহিত পাইন-তৈল (বা অন্যান্য তৈল), ক্রেসাইলিক অ্যাসিড ও জ্যান্থেট জাতীয় যৌগ মিশ্রিত করিয়া বড় জল-পূর্ণ চৌবাচ্চায় উহাকে প্রলম্বিত করা হয়। চৌবাচ্চার তলদেশ হইতে সরু নলের মাধ্যমে ঐ মিশ্রণের ভিতর দিয়া বুদ্‌বুদের আকারে বায়ুপ্রবাহ চালনা করিলে তৈল-সিক্ত ধাতব-আকরিকের কণিকাসমূহ ফেনার আকারে উপরে ভাসিয়া ওঠে এবং অশুদ্ধিসকল চৌবাচ্চার তলদেশে থিতাইয়া পড়ে। আকরিক-চূর্ণের ফেনাকে সংগ্রহ করিয়া শুষ্ক করিয়া লওয়া হয়। এইরূপে গাঢ়ীকরণের পদ্ধতিকে ভাসান পদ্ধতি বলা হয়। [কোন কোন ক্ষেত্রে শক্তিশালী চুম্বকের সাহায্যে আকরিক-চূর্ণের চৌম্বক অপদ্রব্যগুলি দূরীভূত করিয়া আকরিকের গাঢ়ীকরণ করা হয়। টিন ধাতুর নিষ্কাশনে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়।]

(৩) **তাপ-জারণ ও ভস্মীকরণ :** চূর্ণ আকরিককে বিগলিত না করিয়া, উচ্চ তাপমাত্রায় অতিরিক্ত বায়ু-প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া আকরিককে তাপজারিত বা ভর্জিত করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় আকরিক হইতে উদ্বায়ী পদার্থ নির্গত হইয়া যায় এবং সেই সঙ্গে ইহা জারিত হয়। সালফাইড আকরিকের ক্ষেত্রে তাপ-জারণ পদ্ধতিতে উহাকে সম্পূর্ণ বা আংশিকভাবে ধাতব অক্সাইডে পরিণত করা হয়। [এই প্রক্রিয়ায় আকরিকস্থ আর্সেনিক-ঘটিত যৌগ As_2O_3 রূপে এবং সালফাইডের সালফার SO_2 রূপে নির্গত হইয়া যায়।] ভস্মীকরণ প্রক্রিয়ায় আকরিক-চূর্ণকে উহার গলনাঙ্কের নিম্নে বায়ুর সংস্পর্শে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে ধাতব কার্বনেট বিযোজিত হইয়া ধাতব অক্সাইডে পরিণত হয় এবং আকরিক হইতে জলীয় পদার্থ ও CO_2 নির্গমনের ফলে উহা সচ্ছিদ্র বা ফাঁপা হইয়া যায়।

***প্রশ্ন। ধাতু-বিদ্যায় তড়িতের ব্যবহার সংক্ষেপে বর্ণনা কর।**
[Discuss briefly the uses of electricity in metallurgy.]

উত্তর। ধাতু-বিদ্যায় তড়িৎ-শক্তির ব্যবহার : ধাতু-বিদ্যায় অনেক ক্ষেত্রে তড়িৎ-শক্তির সাহায্য লওয়া হয়। অনেক ধাতুকে নিষ্কাশিত করিতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়। অন্য প্রক্রিয়ায় নিষ্কাশিত অনেক অবিশুদ্ধ ধাতুকে বিশুদ্ধ করিতেও তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি কাজে লাগানো হয়। ইহা ব্যতীত, বিশেষ ধরনের ইস্পাত ও ধাতু-সংকর প্রস্তুতিতে চুল্লীকে উত্তপ্ত করিতে তড়িৎ-শক্তি ব্যবহৃত হয়।

(১) **ধাতু-নিষ্কাশন :** গলিত $NaOH$ ও KOH বা $NaCl$ ও KCl যৌগের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া যথাক্রমে সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ধাতু নিষ্কাশন করা হয়। অনুরূপভাবে, গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডকে পৃথক্ পৃথক্ ভাবে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া যথাক্রমে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ধাতু প্রস্তুত করা হয়। বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা ও ক্রায়োলাইটের মিশ্রণকে তড়িৎ-শক্তির সাহায্যে গলিত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু উৎপন্ন হয়।

(২) **ধাতু পরিশোধন :** কতকগুলি বিশেষ প্রয়োজনে অতি-বিশুদ্ধ ধাতুর প্রয়োজন হয়। দৃষ্টান্তস্বরূপ, ইলেকট্রিক তার, সুইচ, প্লাগ প্রভৃতি প্রস্তুতিতে অতি-বিশুদ্ধ কপার বা অ্যালুমিনিয়াম প্রয়োজন। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে একটি অম্লীকৃত কপার সালফেট দ্রবণে বিশুদ্ধ কপার-পাতকে ক্যাথোডে ও অবিশুদ্ধ কপার-খণ্ডকে অ্যানোডরূপে ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে অতি-বিশুদ্ধ কপার সঞ্চিত হয়। হুপের পদ্ধতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করা হয়। অনুরূপভাবে, বিশুদ্ধ লেড ও জিঙ্ক ধাতুও প্রস্তুত করা যায়।

(৩) **চুল্লী-উত্তাপন :** ধাতু-নিষ্কাশনের সময় চুল্লী উত্তপ্ত করিতে এবং বিশেষ ক্ষেত্রে নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রায় উত্তাপনের কার্যে তড়িৎ-শক্তির ব্যবহার করা হয়।

***প্রশ্ন। (ক) ধাতুসমূহের তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী বলিতে কি বুঝ? এই শ্রেণীতে উহাদের অবস্থান হইতে ধাতব মৌলগুলির বিভিন্ন ধর্মের পরিচয় দাও।**

(খ) নিম্নলিখিত মৌলগুলি উহাদের ইলেকট্রো-পজিটিভ ধর্মের ক্রমানুসারে সজ্জিত : Na > Mg > Al > Zn > Fe > H > Cu > Pt.

এই তথ্য হইতে নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :

(i) Mg ও Fe-এর মধ্যে কোন্‌টি অধিক জারণ-ক্ষমতাসম্পন্ন? (ii) Cu ও Zn-এর মধ্যে কোন্‌টির সালফেট দ্রবণের মধ্যে অপর ধাতুটি যোগ করিলে উক্ত মৌলটি মুক্ত হইবে? (iii) Na ও Cu-এর মধ্যে কোন্‌টির প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় থাকার সম্ভাবনা অধিক? (iv) Mg ও Fe-এর কোন্‌টিকে তুমি তড়িৎ-বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করিবার জন্য বাছিয়া লইবে? (v) কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে Na ও Fe-এর মধ্যে কোন্‌টির নিষ্কাশনের সম্ভাবনা কম?

[(a) What is meant by the electrochemical series of metals? Discuss some important properties of metals from their positions in this series.

(b) The following elements are arranged in the order of their electropositive character : Na > Mg > Al > Zn > Fe > H > Cu > Pt.

From this fact, answer the following :

(i) Which one of Mg and Fe is more oxidising? (ii) which metal will be displaced if the other metal is added to the solution of its sulphate salt? (iii) which one of Na and Cu is more expected to remain in the free state in nature? (iv) which one of Mg and Fe will you choose for electrolytic extraction? (v) which one of Na and Fe is less likely to be extracted by carbon reduction process?]

উঃ। (ক) **ধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী :** বিভিন্ন ধাতুকে উহাদের তড়িৎ-ধর্মিতার মান অনুসারে উচ্চতম পরা-তড়িৎধর্মী ধাতু হইতে নিম্নতম পরা-তড়িৎধর্মী

(বা উচ্চতম অপরা-তড়িৎধর্মী) ধাতুকে উপর নীচে পর পর সাজাইয়া ধাতুসমূহের যে শ্রেণী বা সারি গঠন করা হয়, তাহাকে ধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক (বা তড়িৎ-বিভব) শ্রেণী বলা হয়। ধাতুর যে-সকল ধর্ম উহার তড়িৎ-ধর্মিতার উপর নির্ভরশীল, এই শ্রেণীতে ধাতুসমূহের অবস্থান অনুযায়ী তাহাদের স্পষ্ট ক্রম-পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয়। ধাতুসমূহের একটি তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী নিম্নে প্রদর্শিত হইল।

এই শ্রেণীর উপরের দিকে অবস্থিত কয়েকটি ধাতু লঘু ধাতু, মাঝামাঝি স্থানে অবস্থিত কয়েকটি ধাতুকে ভারী ধাতু এবং নীচের দিকে অবস্থিত কয়েকটি ধাতুকে বরধাতু বলা হয়। যথা :

K, Ba, Ca, Na, Mg, Al ; Mn, Zn, Fe, Sn, Pb ; Cu, Hg, Ag, Au, Pt

লঘু ধাতু — ভারী ধাতু — বরধাতু

K
Ba
Sr
Ca
Na
Mg
Al
Mn
Zn
Fe
Sn
Pb
H
Cu
Ag
Au
Pt

ধাতুসমূহের তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী

তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে অবস্থিত ধাতুসমূহের ধর্মের ক্রম-পরিবর্তন : (i) **পরাধর্মিতা :** এই শ্রেণীর নীচের দিক হইতে উপরের দিকে ধাতুগুলির পরা-তড়িৎধর্মিতা বৃদ্ধি পায়। ইহার ফলে ইহাদের ইলেকট্রন বর্জন করিয়া জারিত হইবার প্রবণতাও ক্রমশঃ নীচের দিক হইতে উপরের দিকে বৃদ্ধি পায়। বস্তুতঃ, উপরের দিকে অবস্থিত কয়েকটি ধাতুর বিজারণ-ক্ষমতা অত্যন্ত প্রবল।

(ii) **রাসায়নিক সক্রিয়তা ও ক্ষারকত্ব :** তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর উপরের দিকে অবস্থিত ধাতুগুলি রাসায়নিকভাবে অত্যন্ত সক্রিয় এবং ইহারা অধিকতর ক্ষারধর্মী। এই সকল তীব্র পরাধর্মী ধাতু অতি সহজেই অধাতব মৌলের সহিত তড়িৎ-যোজ্যতায় আবদ্ধ হইয়া সুস্থায়ী যৌগ গঠন করে।

(iii) **জলের সহিত বিক্রিয়া :** তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর উপরের দিকে অবস্থিত K, Ba, Ca, ও Na ধাতুগুলি ঠাণ্ডা জলের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া ধাতব হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Sn ও Pb ধাতুগুলি জলীয় বাষ্পের সহিত উচ্চ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করিয়া ধাতুর হাইড্রক্সাইড (বা অক্সাইড) ও হাইড্রোজেন গঠন করে। নীচের দিকে অবস্থিত Cu, Hg, Ag, Au, Pt ধাতুগুলি উচ্চ তাপমাত্রায়ও জলীয় বাষ্পের সহিত ক্রিয়াম্বিত হয় না।

(iv) **ধাতু কর্তৃক ধাতু প্রতিস্থাপন ঃ** তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে উপর হইতে নীচের দিকে ধাতুগুলির প্রমাণ বিজারণ বিভব ক্রমশঃ হ্রাস পায়। ইহার ফলে, এই সারিতে অবস্থিত কোন ধাতুর লবণের দ্রবণে উহার উপরে অবস্থিত কোন ধাতু যুক্ত করিলে প্রথম ধাতুটি উহার লবণ হইতে প্রতিস্থাপিত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে দ্বিতীয় ধাতুটির লবণ গঠিত হয়।

(v) **প্রকৃতিতে অবস্থান ঃ** তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে উপরের দিকে অবস্থিত K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al ধাতুগুলির পরাধর্মিতা ও সক্রিয়তা বেশী বলিয়া প্রকৃতিতে উহাদিগকে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। যৌগবন্ধ অবস্থায় সাধারণতঃ হ্যালাইড, অক্সাইড (অ্যালুমিনিয়ামের ক্ষেত্রে), কার্বনেট প্রভৃতি রূপেই ইহারা প্রকৃতিতে অবস্থান করে। Mn, Fe, Sn, Pb, Cu ধাতুগুলিকে সাধারণতঃ পাওয়া যায় উহাদের অক্সাইড বা সালফাইড খনিজরূপে। এই সারির নীচের দিকে অবস্থিত Hg, Ag, Au, Pt প্রভৃতি ধাতুর রাসায়নিক সক্রিয়তা অত্যন্ত কম বলিয়া ইহাদিগকে অনেক সময় মুক্ত অবস্থায় (মৌল রূপে) পাওয়া যায়।

(vi) **অক্সাইড গঠন ও অক্সাইডের বিজারণ ঃ** এই শ্রেণীতে অবস্থিত উপর হইতে মার্কারী পর্যন্ত ধাতুগুলি অক্সিজেনের (বা বায়ুর) সহিত সরাসরি বিক্রিয়ায় অক্সাইড গঠন করে। K, Ba, Sr, Ca, ও Na ধাতুগুলি বায়ু বা অক্সিজেনের সহিত স্বাভাবিক তাপমাত্রায় অক্সাইড গঠন করে। [সাধারণতঃ আর্দ্র বায়ুতে এই বিক্রিয়া ত্বরান্বিত হয়। কারণ, শুষ্ক বায়ুতে এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ধাতব অক্সাইড ধাতুর উপরে একটি অভেদ্য আবরণ গঠন করিয়া বিক্রিয়া বন্ধ করিয়া দেয়।] Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Sn, Pb ও Cu ধাতুগুলি উচ্চতর তাপমাত্রায় বায়ু বা অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়ান্বিত হইয়া অক্সাইড গঠন করে। Ag, Au, Pt ধাতু সরাসরি বায়ু বা অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়ান্বিত হইয়া অক্সাইড গঠন করে না। [ইহাদের অক্সাইড অপ্রত্যক্ষভাবে প্রস্তুত করা হয়।]

K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al, Mn প্রভৃতি ধাতুগুলির অক্সাইডকে হাইড্রোজেনের প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া ধাতুতে পরিণত করা যায় না। কার্বন বা কার্বন-মনক্সাইড দ্বারাও ইহারা বিজারিত হয় না। [কার্বনের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইহাদের অনেকে ধাতব কার্বাইড যৌগ গঠন করে।] ZnO যৌগও হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয় না। কিন্তু, Fe, Sn, Pb ও Cu ধাতুর অক্সাইডকে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করা যায় এবং Zn সহ এই সকল ধাতুর অক্সাইডগুলি কার্বন বা কার্বন-মনক্সাইড দ্বারা উচ্চ তাপমাত্রায় বিজারিত হয়। Hg, Ag, Au ও Pt ধাতুর অক্সাইড তাপপ্রয়োগে বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়।

(vii) **অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঃ** K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg প্রভৃতি ক্ষারধাতু বা ক্ষার-মৃত্তিকা ধাতুগুলি তীব্রভাবে লঘু অ্যাসিডের সহিত (যথা HCl) বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। এই শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত সকল ধাতুই

অ-জারক (non-oxidising) বা জারক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়াম্বিত হইয়া হাইড্রোজেন গঠন করে। [কিন্তু, বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ধাতব লবণ অনেক সময় বিক্রিয়মান ধাতুর টুকরার উপর অদ্রাব্য আস্তরণ ফেলিয়া বিক্রিয়া বন্ধ করিতে পারে।] কিন্তু Cu, Hg, Ag, Au, Pt প্রভৃতি ধাতুগুলি অ-জারক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়াম্বিত হয় না।

(খ) (i) Fe ; (ii) Cu-এর ; (iii) Cu-এর ; (iv) Mg ; (v) Na.

✓ **প্রশ্ন ২। (a) খাদ্য লবণ (NaCl) হইতে কিরূপে সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন করা হয়? সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইয়া সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশিত করা যায় না কেন? সোডিয়াম নিষ্কাশনের ডাউন পদ্ধতিতে অনার্দ্র $CaCl_2$ ব্যবহার করা হয় কেন? এই পদ্ধতিতে ক্যাথোড ও অ্যানোডে যে বিক্রিয়া হয়, তাহা উল্লেখ কর।**

(b) 'অ্যামালগাম' (পারদ-সংকর) কাহাকে বলে? সোডিয়াম অ্যামালগাম কিভাবে প্রস্তুত করা হয়?

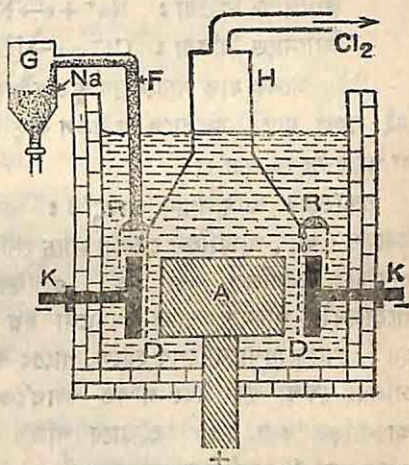
[(a) How is metallic sodium extracted from NaCl? Why metallic sodium cannot be extracted by the passage of electricity through an aqueous solution of NaCl? Why anhydrous $CaCl_2$ is used in the Down's process of sodium extraction? Give the reactions taking place at the cathode and the anode. (b) What is an amalgam? How sodium amalgam is prepared?]

উঃ। (*a*) গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া ডাউন পদ্ধতিতে সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়। গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড বিয়োজিত অবস্থায় Na^+ ও Cl^- আয়নরূপে অবস্থান করে। গ্র্যাফাইট অ্যানোড ও লৌহ ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে ক্যাথোডে ধাতব সোডিয়াম ও অ্যানোডে Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়।

গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে অসুবিধা : অনার্দ্র $CaCl_2$ ব্যবহারের কারণ : ডাউন পদ্ধতিতে গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে নিম্নোক্ত অসুবিধাগুলির সম্মুখীন হইতে হয় : (১) সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাংক ধাতব সোডিয়ামের স্ফুটনাংকের কাছাকাছি। কাজেই গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিবার কালে উৎপন্ন সোডিয়াম ধাতু ঐ তাপমাত্রায় অনেকাংশে বাষ্পীভূত হইয়া বাহির হইয়া যায় এবং ফলে, সোডিয়ামের উৎপাদন কম হয়। (২) 800°C বা ততোধিক তাপমাত্রায় (এই তাপমাত্রায় NaCl বিগলিত হয়) গলিত NaCl তড়িৎ-কোষ ও তড়িৎ-দ্বারকে ক্ষয় করে এবং (৩) তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন সোডিয়াম ধাতুর কিছু অংশ গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডে দ্রবীভূত হইয়া থাকে। এই সকল অসুবিধা দূরীকরণে, সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশাইয়া, তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের

গলনাংককে প্রায় 600°C তাপমাত্রায় নামাইয়া আনা হয়। ফলে, এই নিম্নতর তাপমাত্রায় উৎপন্ন সোডিয়ামের বাষ্পীভবন বন্ধ হয় এবং গলিত NaCl-এর ক্ষয়কারী শক্তি স্তিমিত হয় ও গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে সোডিয়াম ধাতুর দ্রাব্যতাও অনেক কমিয়া যায়।

নিষ্কাশন-পদ্ধতি ঃ লৌহ-নির্মিত একটি চতুষ্কোণ পাত্রকে এই পদ্ধতিতে তড়িৎ-কোষরূপে ব্যবহার করা হয়। এই পাত্রটির ভিতরের গাত্র অম্ল-সহ (acid-resisting) ইট দ্বারা আস্তরিত থাকে।

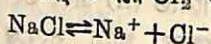
সোডিয়াম ক্লোরাইড ও অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ (33·2% $NaCl$ + 66·8% $CaCl_2$) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ঐ পাত্রে লইয়া তাপপ্রভাবে উহাকে গলান হয়। একটি মোটা গ্র্যাফাইট-দণ্ড অ্যানোড (A) এবং উহাকে চতুর্দিকে ঘিরিয়া লৌহ-নির্মিত ক্যাথোড (K) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রে সংযুক্ত থাকে। ক্যাথোডের ভিতরের ও বাহিরের দিক তারজাল (D) দ্বারা বেষ্টিত থাকে এবং এই তারজালের বেষ্টনী উপরের দিকে সাইফনের আকারের একটি লোহার নলের (RF) সহিত যুক্ত থাকে। লৌহ-নলের অপর প্রান্তে কেরোসিন তেল পূর্ণ একটি পাত্র (G) রাখা হয়। ফানেলের আকারের পোর্সেলিনের একটি বড় আচ্ছাদন (H) অ্যানোডের উপরে স্থাপন করা হয় এবং ইহার ভিতর দিয়া উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাস বাহির হইয়া যায়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু নির্মুক্ত হয় এবং সাইফনরূপী লৌহ-নলের ভিতর দিয়া উপরে উঠিয়া G পাত্রে কেরোসিনের নীচে সঞ্চিত হয়।

সোডিয়াম নিষ্কাশন ঃ ডাউন পদ্ধতি

[**ডাউন-পদ্ধতিতে উপজাত-দ্রব্য ঃ** এই পদ্ধতিতে সোডিয়াম নিষ্কাশনে মুখ্য উপজাত দ্রব্যরূপে ক্লোরিন গ্যাস পাওয়া যায়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ব্লিচিং পাউডারের শিল্পোৎপাদনে এই ক্লোরিন গ্যাস ব্যবহার করা হয়।]

সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইয়া সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশিত করা যায় না। সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে Na^+, Cl^-, H^+ ও OH^- আয়ন বর্তমান থাকে ঃ $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$; $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ এই দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে পরাধর্মী Na^+ ও H^+ আয়নদ্বয় ক্যাথোডের দিকে আকৃষ্ট হয়। কিন্তু, H^+ আয়ন Na^+ আয়ন অপেক্ষা কম পরা-তড়িৎধর্মী বলিয়া ক্যাথোডে আধানমুক্ত হইবার প্রবণতা Na^+

আয়ন অপেক্ষা H^+ আয়নের বেশী। ফলে, H^+ আয়ন অগ্রাধিকার লাভ করিয়া ক্যাথোডে আধানমুক্ত হয় এবং H_2 গ্যাস রূপে নির্গত হয়। Na^+ আয়ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য দ্রবণে বর্তমান থাকিয়া উহাতে অবস্থিত OH^- আয়নের সহিত NaOH যৌগ উৎপন্ন করে। এই কারণে, NaCl-এর জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া ধাতব সোডিয়াম পাওয়া যায় না।

ক্যাথোড ও অ্যানোডে বিক্রিয়া : গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডে যৌগটি Na^+ ও Cl^- আয়নরূপে বর্তমান থাকে। উহার ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে পরাধর্মী Na^+ ক্যাথোডের দিকে ও অপরাধর্মী Cl^- অ্যানোডের দিকে গমন করে। Na^+ ক্যাথোডে আধানমুক্ত হইয়া ধাতব সোডিয়াম রূপে ও Cl^- অ্যানোডে আধানমুক্ত হইয়া প্রথমে ক্লোরিন পরমাণু ও পরে Cl_2 অণুরূপে গঠিত হয়।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Na^+ + e \rightarrow Na$ (ধাতু)

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $Cl^- - e \rightarrow [Cl]$; $2\,[Cl] \rightarrow Cl_2 \uparrow$

(b) অনেক ধাতু পারদে দ্রবীভূত হইয়া ধাতু-সংকর গঠন করে। পারদের সহিত এই সকল ধাতুর সংযোগে যে সকল ধাতু-সংকর গঠিত হয়, তাহাদিগকে অ্যামালগাম বা পারদ-সংকর বলে।

সোডিয়াম অ্যামালগাম প্রস্তুতি : একটি পোর্সেলিনের বাটিতে কোন নিষ্ক্রিয় তরলের (যথা, প্যারাফিন তেল) নীচে সোডিয়ামের টুকরা রাখিয়া উত্তাপের সাহায্যে ধাতুটিকে বিগলিত করা হয়। এই তরল ধাতুর মধ্যে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া প্রয়োজনীয় পরিমাণ পারদ মিশানো হয় ও মিশ্রণটিকে উত্তমরূপে আলোড়িত করা হয়। পারদ মিশানো শেষ হইলে, পাত্রের উপরের স্তরের প্যারাফিন তেল যথাসম্ভব ঢালিয়া ফেলা হয় এবং গলিত পদার্থকে একটি শক্ত দণ্ডের সাহায্যে উত্তমরূপে আলোড়িত করা হয়। এইভাবে গলিত পদার্থটি কঠিনাকার লাভ করে। এই কঠিন পদার্থই সোডিয়াম অ্যামালগাম।

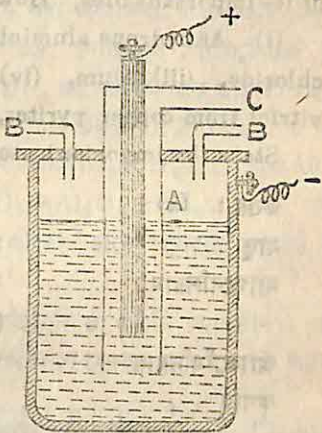
প্রশ্ন ৩। ম্যাগনেসিয়ামের লবণ হইতে কিরূপে ধাতুটিকে নিষ্কাশিত করা হয়? নিষ্কাশন পদ্ধতিটি সংক্ষেপে বর্ণনা কর এবং ইহাতে যে সকল বিক্রিয়া ঘটে তাহা বল।

[How is metallic magnesium produced from its salts? Briefly describe the process, indicating the reactions taking place during its isolation.]

উত্তর। সাধারণতঃ, গলিত ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া বা ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডকে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বিজারিত করিয়া ম্যাগনেসিয়াম ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়।

পদ্ধতি : অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত ক্ষারধাতু বা ক্ষার-মৃত্তিকা ধাতুর ক্লোরাইড মিশ্রিত করিয়া, ঐ মিশ্রণকে এই প্রক্রিয়ার তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থরূপে ব্যবহার করা হয়।

[$MgCl_2, 6H_2O$ বা কার্ণালাইট আকরিককে প্রথমে NH_4Cl সহ এবং পরে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র $MgCl_2$ প্রস্তুত করা হয়। অনার্দ্র $MgCl_2$-এর সহিত $NaCl$ ও CaF_2 মিশ্রিত করা হয়। ইহাতে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের গলনাঙ্ক হ্রাস পায়, এবং ফলে, উচ্চতর তাপমাত্রায় $MgCl_2$ বিযোজিত হইয়া MgO উৎপন্ন করে না।]

একটি আয়তাকার আবদ্ধ লৌহপাত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়। এই পাত্রটি ক্যাথোডের কাজ করে। লৌহপাত্রের ঢাকনার মধ্য দিয়া একটি পোর্সেলিনের নল (A) পাত্রের গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে আংশিকভাবে ডুবানো থাকে। এই নলের ভিতর একটি গ্র্যাফাইট দণ্ড ঢুকানো থাকে এবং উহা অ্যানোডের কাজ করে। ম্যাগনেসিয়াম ধাতু সহজেই বায়ুর অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সহিত ক্রিয়াম্বিত হয় বলিয়া, লৌহপাত্রের বায়ু নিষ্ক্রিয় কোল-গ্যাস বা H_2 দ্বারা অপসারিত করা হয়। (লৌহপাত্রের ঢাকনায় সংযুক্ত দুইটি আগম এবং নির্গম নলের (B, B) সাহায্যে এই কার্য সম্পন্ন করা হয়।) তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যকে গলাইয়া, 700°C তাপমাত্রায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ইহার ফলে অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাস পোর্সেলিনের নলের ভিতর দিয়া নির্গমন পথে (C) বাহির হইয়া যায়। ক্যাথোডে উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম ধাতু গলিত অবস্থায় তরল তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের উপর ভাসিয়া উঠে এবং যথাসময়ে ইহাকে বাহির করিয়া আনা হয়।

ম্যাগনেসিয়াম নিষ্কাশন

বিক্রিয়া : গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড Mg^{++} ও Cl^- আয়নরূপে বিয়োজিত হইয়া অবস্থান করে। ঐ তরলের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে Mg^{++} ক্যাথোডের দিকে আকৃষ্ট হয় এবং ঐ তড়িৎদ্বারে আধান-মুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম ধাতু উৎপন্ন করে। Cl^- আয়ন অ্যানোডের দিকে আকৃষ্ট হয় এবং ঐ তড়িৎদ্বারে আধান-মুক্ত হইয়া প্রথমে ক্লোরিন পরমাণু এবং পরে ক্লোরিন অণু গঠন করিয়া গ্যাসরূপে নির্গত হয়।

$$MgCl_2 \rightleftharpoons Mg^{++} + 2Cl^-$$

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Mg^{++} + 2e \rightarrow Mg$ (ধাতু)

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2 \uparrow$

প্রশ্ন ৪। (ক) ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, কপার ও জিংকের প্রধান আকরিকগুলির নাম ও সংকেত লিখ।

(b) প্রতিটি ধাতুর প্রধান আকরিক হইতে ধাতুটিকে কিরূপে নিষ্কাশিত করা হয়, তাহা বর্ণনা কর।

কিরূপে প্রস্তুত করিবে—

(i) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ; (ii) অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ; (iii) ফিটকিরি বা অ্যালাম ; (iv) জিপসাম হইতে প্লাষ্টার অব প্যারিস ; (v) কপার পাইরাইটস্ হইতে ব্লু ভিট্রিয়ল ; (iv) সবুজ ভিট্রিয়ল ; (vii) সাদা ভিট্রিয়ল ? উপরোক্ত প্রতিটি পদার্থের প্রধান ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর।

[(a) Give the names and formulae of the important ores of magnesium, aluminium, copper and zinc.

(b) Discuss how each of the above metals are isolated from one of its important ores. How would you prepare :

(i) Anhydrous aluminium chloride, (ii) Anhydrous magnesium chloride, (iii) Alum, (iv) Plaster of Paris from gypsum, (v) Blue vitriol from copper pyrites, (vi) Green vitriol, (vii) White vitriol ? State the important uses of each of them.]

উত্তর। (a)

ধাতু	প্রধান আকরিক
ম্যাগনেসিয়াম	কার্ণালাইট ($KCl.MgCl_2.6H_2O$; ম্যাগনেসাইট ($MgCO_3$) ; ডলোমাইট ($CaCO_3.MgCO_3$)।
অ্যালুমিনিয়াম	বক্সাইট ($Al_2O_3.2H_2O$) ; ক্রায়োলাইট (Na_3AlF_6)
কপার	কপার পাইরাইট্স্ ($2CuFeS_2$) ; ম্যালাকাইট [$CuCO_3.Cu(OH)_2$] চালকোসাইট (Cu_2S)।
জিংক	জিংক ব্লেণ্ড (Zns) ; ক্যালামাইন ($ZnCO_3$).

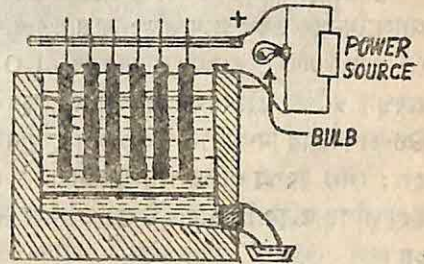
ম্যাগনেসিয়াম নিষ্কাশন : ৩নং প্রশ্নের উত্তর দেখ।

অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন : সাধারণতঃ বক্সাইট আকরিক হইতে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়।

বক্সাইট আকরিকে প্রায় 50-60% Al_2O_3 থাকে। ইহার অবশিষ্টাংশ Fe_2O_3 SiO_2, TiO_2 ইত্যাদি অপদ্রব্য। বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের প্রাক্কালে আকরিক হইতে এই সকল অপদ্রব্য দূরীভূত করিয়া বিশুদ্ধ Al_2O_3 প্রস্তুত করা প্রয়োজন। কারণ, এই সকল অপদ্রব্যকে দূরীভূত না করিলে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামে আয়রন, সিলিকন ইত্যাদি অশুদ্ধি অনুপ্রবেশ করিয়া ধাতুটিকে ভঙ্গুর করিয়া তোলে এবং ইহাদের বর্তমানে অ্যালুমিনিয়াম জল দ্বারা সহজেই আক্রান্ত হয়। সুতরাং, বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের প্রথম ধাপ হইল বক্সাইটকে পরিশোধন করা।

বক্সাইট পরিশোধন : যে সকল বক্সাইট আকরিকে অশুদ্ধিরূপে ফেরিক অক্সাইডের পরিমাণ বেশী, কিন্তু সিলিকার পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম, সাধারণতঃ সেই সকল আকরিক হইতেই অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশিত করা হয়। এইরূপ বক্সাইটকে বর্তমানে

বায়ার পদ্ধতিতে (Bayer process) পরিশোধিত করিয়া বিশুদ্ধ Al_2O_3 প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতিতে ভস্মীকৃত বক্সাইট-চূর্ণকে ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণের (আপেক্ষিক ঘনত্ব $=1·45$) সহিত মিশ্রিত করিয়া উচ্চচাপে 150°C তাপমাত্রায় 5-6 ঘণ্টা ধরিয়া জীর্ণ করা হয়। ইহাতে বক্সাইটের Al_2O_3 সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হইয়া দ্রবীভূত হয়, কিন্তু উহার অশুদ্ধিসমূহ অদ্রাব্য অবস্থায় পড়িয়া থাকে। [সামান্য পরিমাণ সিলিকা, সোডিয়াম সিলিকেটরূপে দ্রবণে অবস্থান করিতে পারে।] মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত অবস্থায় ছাঁকিয়া লইয়া পরিস্রুত দ্রবণকে জল মিশাইয়া লঘু করা হয় এবং উহার তাপমাত্রা প্রায় 30°C করা হয়। এই লঘু জলীয় দ্রবণে অবস্থিত অস্থায়ী সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণে অল্প পরিমাণে সদ্য-অধঃক্ষিপ্ত $Al(OH)_3$ মিশাইয়া মিশ্রণকে কয়েক ঘণ্টা উত্তমরূপে আলোড়িত করিলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া বিশুদ্ধ $Al(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপকে ছাঁকিয়া লইয়া ও উত্তমরূপে জল দ্বারা ধৌত করিয়া 1100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র Al_2O_3 পাওয়া যায় : $Al_2O_3+2NaOH=2NaAlO_2+H_2O$; $2NaAlO_2+4H_2O=2Al(OH)_3+2NaOH$; $2Al(OH)_3=Al_2O_3+3H_2O$. [এই পদ্ধতির শেষ পর্যায়ে উৎপন্ন কস্টিক সোডা দ্রবণকে গাঢ় করিয়া উহাকে পুনরায় বক্সাইট জীর্ণ করিবার কাজে লাগানো হয়।]

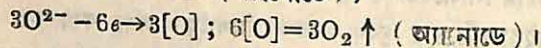
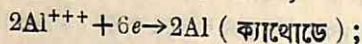
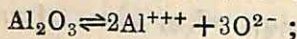
বিশুদ্ধ অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ : লৌহনির্মিত একটি আয়তাকার তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রের ভিতরের গাত্রে কার্বনের পুরু আস্তরণ দেওয়া থাকে। এই পাত্রে 20 ভাগ বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা, 60 ভাগ ক্রায়োলাইট ও 20 ভাগ ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইডের (ফ্লুয়োস্পার) মিশ্রণকে 950°C তাপমাত্রায় গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশিত করা হয়। লৌহপাত্রের ভিতরের কার্বনের আস্তরণ ক্যাথোডের কাজ করে। কয়েকটি মোটা কার্বনদণ্ড একটি কপারের ফ্রেমে আটকাইয়া এই পাত্রের ভিতরে প্রবিষ্ট করান থাকে এবং ইহারা অ্যানোডের কাজ করে। পাত্রের তলদেশে উৎপন্ন গলিত ধাতুকে বাহির করিয়া লইবার জন্য নির্গম-নল যুক্ত থাকে।

অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন

এই পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের প্রারম্ভে কার্বন-অ্যানোডগুলিকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রের তলদেশের কার্বনের আস্তরণের সহিত স্পর্শ করানো হয় এবং উহার চতুর্দিকে চূর্ণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মিশ্রণ স্থাপন করা হয়। তড়িৎ-প্রবাহ চালনার ফলে ঐ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য উত্তপ্ত হইয়া গলিত হয়। তখন আরও কিছু পরিমাণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য চূর্ণ উহাতে যুক্ত করা হয়। এইরূপে গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্বারা পাত্রটি

প্রায় পূর্ণ হইলে, অ্যানোড-দণ্ডগুলিকে কিছুটা উপরের দিকে উঠাইয়া লইয়া 950°C তাপমাত্রায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ কার্য সম্পন্ন করা হয়। ইহার ফলে, ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু মুক্ত হয় এবং উহা গলিত অবস্থায় পাত্রের তলদেশে সঞ্চিত হয়। নির্গমনলের মাধ্যমে মাঝে মাঝে গলিত অ্যালুমিনিয়াম বাহির করিয়া লওয়া হয়ঃ

$Al_2O_3 \rightleftharpoons 2Al^{+++} + 3O^{2-}$;

$2Al^{+++} + 6e \rightarrow 2Al$ (ক্যাথোডে);

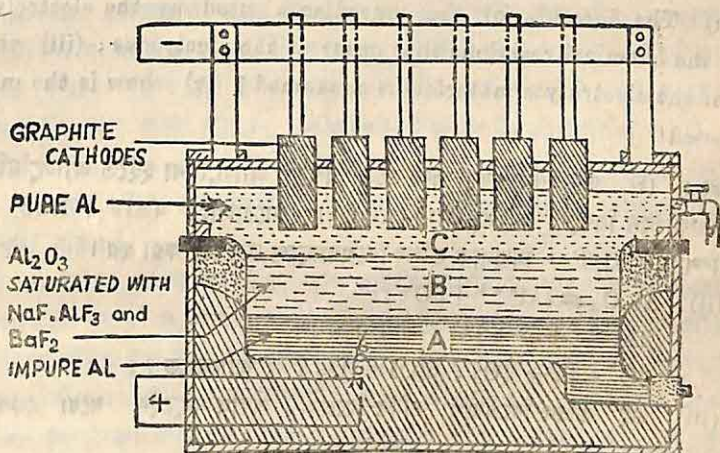
$3O^{2-} - 6e \rightarrow 3[O]$; $6[O] = 3O_2 \uparrow$ (অ্যানোডে)।

এই প্রক্রিয়ায় অ্যানোডে অক্সিজেন নির্মুক্ত হয় এবং উচ্চ-তাপমাত্রায় ইহার অধিকাংশই কার্বন-অ্যানোডগুলিকে দগ্ধ করিয়া CO ও CO_2 উৎপন্ন করে। মূল্যবান অ্যানোডগুলিকে দহনের হাত হইতে রক্ষা করিবার উদ্দেশ্যে গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের উপরিভাগে মাঝে মাঝে কোক্-চূর্ণ ছড়াইয়া দেওয়া হয়।

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হইতে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু ক্রমশঃ নিঃশেষিত হওয়ার ফলে উহার রোধ (resistance) বৃদ্ধি পায়। [সমান্তরাল তড়িৎ-বেষ্টনীতে স্থাপিত একটি বাল্ব জ্বলিয়া উঠিলে বুঝিতে পারা যায় যে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের রোধ বৃদ্ধি পাইয়াছে।] সেই সময় তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রে নূতন করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষ্য মিশ্রণ যুক্ত করা হয়। এইরূপে অবিরামভাবে তড়িৎ-বিশ্লেষণ সংঘটিত হয়। এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত অ্যালুমিনিয়াম প্রায় 99% বিশুদ্ধ।

[**অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে ক্রায়োলাইট ও ফ্লুয়োস্পারের ভূমিকাঃ** বিশুদ্ধ অ্যালুমিনাকে এককভাবে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিতে নিম্নোক্ত অসুবিধাগুলি দেখা দেয়ঃ (i) প্রায় 2050°C তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ Al_2O_3 গলিত হয়। সুতরাং, উহাকে গলিত অবস্থায় রাখিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিতে প্রচুর বৈদ্যুতিক শক্তির অপচয় ঘটে; (ii) উক্ত উচ্চ-তাপমাত্রায় নিষ্কাশিত গলিত অ্যালুমিনিয়াম যথেষ্ট পরিমাণে উদ্বায়িত হইয়া নষ্ট হয়; (iii) উৎপন্ন গলিত অ্যালুমিনিয়াম গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য অপেক্ষা হালকা বলিয়া উহা গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের উপরে ভাসিয়া উঠে এবং উহাকে পৃথক্ করিতে অসুবিধা হয়।

নির্দিষ্ট পরিমাণ ক্রায়োলাইট ও ফ্লুয়োস্পারের সহিত বিশুদ্ধ অ্যালুমিনাকে উত্তপ্ত করিলে ঐ মিশ্রণ প্রায় 950°C তাপমাত্রায় বিগলিত হয় এবং এই গলিত মিশ্রণ তড়িতের সুপরিবাহী হয়। ফ্লুয়োস্পার মিশাইবার ফলে মিশ্রণের সান্দ্রতা (viscosity) হ্রাস পায় বা গলিত পদার্থের তারল্য বৃদ্ধি পায়। ইহা মিশ্রণের গলনাংক হ্রাসেও সাহায্য করে।]

অ্যালুমিনিয়াম পরিশোধনঃ উপরোক্ত পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত অ্যালুমিনিয়ামে অল্প-পরিমাণ আয়রন, সিলিকা, কপার ইত্যাদি অশুদ্ধিরূপে থাকিতে পারে। এই অশুদ্ধিগুলিকে দূরীভূত করিয়া অতি উচ্চ-মানের অ্যালুমিনিয়াম পাইতে হইলে ইহাকে হুপের পদ্ধতিতে (Hoope's process) তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া পরিশোধিত

করা হয়। পুনঃ কার্বনের আস্তরণ-যুক্ত একটি আয়তাকার লৌহপাত্রে তিনটি গলিত পদার্থের স্তর পর পর লওয়া হয়। পাত্রের তলদেশে সর্বনিম্ন স্তরে (A) গলিত অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম ধাতু থাকে। [উপরোক্ত তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত গলিত ধাতুকে সরাসরি এই পাত্রে স্থানান্তরিত করা হয়।] এই স্তরটি অ্যানোডের কাজ করে। এই স্তরের উপরে, মধ্যবর্তী স্তররূপে (B) ক্রায়োলাইট, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও বেরিয়াম ফ্লুরাইডের মিশ্রণ গলিত অবস্থায় থাকে। সর্বোচ্চ স্তরে (C) গলিত বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম ধাতু থাকে। এই স্তরে কতকগুলি মোটা কার্বন-দণ্ড ক্যাথোডরূপে আংশিকভাবে নিমজ্জিত থাকে। এই সেলের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে, সর্বনিম্ন স্তর হইতে অ্যালুমিনিয়াম আয়নরূপে বিমুক্ত হইয়া মধ্যবর্তী স্তরে ধাতুরূপে দ্রবীভূত হয় এবং ঐস্থান হইতে সম-পরিমাণ বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম সর্বোচ্চ স্তরে

অ্যালুমিনিয়াম পরিশোধন।

গিয়া ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। অশুদ্ধিসমূহ সর্বনিম্নস্তরে পড়িয়া থাকে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রের উপরের দিকে অবস্থিত একটি নির্গম-নলের সাহায্যে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম গলিত অবস্থায় বাহির করিয়া লইয়া ছাঁচে ফেলিয়া কঠিন করা হয়। এই অ্যালুমিনিয়াম প্রায় 99·99% বিশুদ্ধ।

[অ্যালুমিনিয়ামের ধাতু-সংকর: অ্যালুমিনিয়ামের প্রয়োজনীয় ধাতু-সংকরের মধ্যে নিম্নলিখিতগুলি উল্লেখযোগ্য:

(i) ডুরালুমিন (95% Al+4% Cu+0·5% Mg+0·5% Mn): উড়ো-জাহাজ ও বিভিন্ন হাল্কা যন্ত্রাংশ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(ii) ম্যাগনেলিয়াম (98% Al+2% Mg): হাল্কা যন্ত্রপাতি ও অল্পমূল্যের তুলাদণ্ড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(iii) অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ (10% Al+90% Cu) : ইহা দেখিতে স্বর্ণের ন্যায়। গৃহ-সজ্জার বিভিন্ন দ্রব্য, ফুলদানী, মূর্তি, ফটো-ফ্রেম, মুদ্রা, বাসন-পত্র ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।]

* প্রশ্ন। তড়িৎবিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অ্যালুমিনা হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন-সংক্রান্ত বিষয়ে নিম্নলিখিত তথ্যাবলী পরিবেশন কর :

(i) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহৃত উপাদানসমূহের সংযুতি ; (ii) তড়িৎ-দ্বারে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ ; (iii) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থসমূহের মধ্যে কোন্ পদার্থটি ব্যয়িত হয় ? (iv) ধাতুটি কিরূপে সংগৃহীত হয় ?

[Supply the following information in connection with the electrolytic extraction of aluminium from alumina :

(i) The formula of the ingredients used as the electrolyte ; (ii) the chemical reactions that occur at the electrodes ; (iii) which one of the electrolyte materials is consumed ? (iv) how is the metal collected ?]

উঃ। (i) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা হইতে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা (Al_2O_3), ক্রায়োলাইট ($AlF_3.3NaF$) এবং ফ্লুয়োস্পারের (CaF_2) মিশ্রণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহার করা হয়।

(ii) $Al_2O_3 \rightleftharpoons 2Al^{+++} + 3O^{=}$;

$2Al^{+++} + 6e \rightarrow 2Al$ (ক্যাথোডে) ;

$3O^{=} = 6e \rightarrow 3[O]$; $6[O] = 3O_2 \uparrow$ (অ্যানোডে)।

(iii) এই তড়িৎ-বিশ্লেষণে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থসমূহের মধ্যে কেবলমাত্র Al_2O_3 ব্যয়িত হয়।

(iv) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রের তলদেশে অবস্থিত একটি নির্গম-নলের সাহায্যে মাঝে মাঝে গলিত অ্যালুমিনিয়াম সংগ্রহ করা হয় এবং ছাঁচে ফেলিয়া ঠাণ্ডা করিয়া উহাকে কঠিন অবস্থায় আনা হয়।

কপার নিষ্কাশন : সাধারণতঃ কপার পাইরিটিস্ হইতেই কপার ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়। এই আকরিকে কপারের পরিমাণ প্রায় 2% এবং ইহাতে প্রচুর পরিমাণে বালুকা-জাতীয় অপদ্রব্য এবং আয়রন সালফাইড মিশ্রিত থাকে। তাপ-জারণের দ্বারা অবর ধাতু (base metal) আয়রনকে ফেরাস অক্সাইডে পরিণত করিয়া ও সিলিকার সহিত ফেরাস সিলিকেট ধাতুমল গঠিত করিয়া কপারের নিষ্কাশন সম্ভবপর হয়। [এইস্থানে উল্লেখ্য যে আয়রন অপেক্ষা কপার অধিকতর বরধাতু হওয়ায়, তাপজারণের কালে আয়রন কপারের পূর্বেই জারিত হইয়া উহার অক্সাইডে পরিণত হয়। সালফারের প্রতি কপারের ও অক্সিজেনের প্রতি আয়রনের অত্যধিক আসক্তির জন্যই এইরূপ ঘটে।] নিম্নলিখিত কয়েকটি পর্যায়ে কপার পাইরিটিস্ হইতে কপার ধাতু নিষ্কাশিত হয় :

(i) **আকরিক গাঢ়ীকরণ :** কপারের আকরিককে জল দ্বারা উত্তমরূপে ধৌত করিয়া মৃত্তিকাজাতীয় অপদ্রব্যগুলিকে দূর করা হয়। অতঃপর ইহাকে শুষ্ক ও চূর্ণ করিয়া তেল ভাসান পদ্ধতিতে ধাতুর সালফাইডকে পৃথক্ করা হয়। [এই প্রক্রিয়ায় ধাতব সালফাইডগুলি ফেনার আকারে উপরে ভাসিয়া উঠে ও বালুকাজাতীয় অপদ্রব্যগুলি জলের নীচে থিতাইয়া পড়ে।] এইরূপে গাঢ়ীকৃত আকরিকে কপারের পরিমাণ প্রায় 25-30%.

(ii) **গাঢ়ীকৃত আকরিকের তাপ-জারণ :** গাঢ় আকরিককে একটি বহুতল-বিশিষ্ট (multiple hearth) চুল্লীতে বায়ু-প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। চূর্ণ আকরিক চুল্লীর উপরের তল হইতে ক্রমশঃ নীচের তলে নামিয়া আসে এবং উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহ চুল্লীর নীচের দিক হইতে উপরের দিকে উত্থিত হয়। এইরূপে আকরিক জারিত হইয়া উহার সালফাইড যৌগগুলি হইতে SO_2 এবং আর্সেনাইড যৌগগুলি (অপদ্রব্য) হইতে আর্সেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া যায়। এই প্রক্রিয়ায় আকরিকের কপার সালফাইড ও আয়রন সালফাইড আংশিকরূপে জারিত হইয়া FeO ও Cu_2O গঠন করে : $2CuFeS_2+O_2=Cu_2S+2FeS+SO_2$; $2CuFeS_2+4O_2=Cu_2S+2FeO+3SO_2$; $2Cu_2S+3O_2=2Cu_2O+2SO_2$. [উৎপন্ন SO_2 সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনে কাঁচামালরূপে ব্যবহার করা যায়।]

(iii) **বিগলন : প্রথম পর্যায় :** তাপ-জারিত আকরিকের সহিত অল্প পরিমাণ বালুকা-জাতীয় পদার্থ ও কোক-চূর্ণ মিশাইয়া মিশ্রণটিকে ছোট মারুত-চুল্লীতে অতি-উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। [বালুকা-জাতীয় পদার্থরূপে সাধারণতঃ সালফার-বিহীন এবং সিলিকা-যুক্ত কপারের আকরিক ব্যবহার করা হয়।] কুণ্ডলীকৃত নলের ভিতর দিয়া ঠাণ্ডা জল প্রবাহিত করিয়া মারুত-চুল্লীর বাহিরের গাত্র ঠাণ্ডা রাখা হয়। চুল্লীর তলদেশ হইতে শুষ্ক ও উত্তপ্ত বায়ু প্রবাহের ফলে কোক-চূর্ণ দগ্ধ হইয়া উচ্চ-তাপের সৃষ্টি করে এবং এই উচ্চ-তাপে বায়ুর সহিত ক্রিয়ান্বিত হইয়া আকরিকের আয়রন সালফাইড ফেরাস অক্সাইডে পরিণত হয়, কিন্তু কপার সালফাইড অবিকৃত থাকে। তাপ-জারিত আকরিকের কিউপ্রাস অক্সাইডের সহিত দ্বি-পরিবর্ত বিক্রিয়ায়ও ফেরাস সালফাইড ফেরাস অক্সাইডে পরিণত হয় : $2FeS+3O_2=2FeO+2SO_2$; $Cu_2O+FeS=Cu_2S+FeO$. উৎপন্ন FeO উচ্চ-তাপমাত্রায় সিলিকার সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতুমলরূপে ফেরাস সিলিকেট গঠন করে এবং হাল্কা এই ধাতুমল চুল্লীর ভিতরে গলিত পদার্থের উপরে ভাসিয়া উঠে : $FeO+SiO_2=FeSiO_3$ (ধাতুমল)। ধাতুমলকে উপর হইতে অপসারিত করিয়া কিউপ্রাস ও ফেরাস সালফাইডের যে গলিত মিশ্রণ পাওয়া যায়, তাহাকে কপার ম্যাট্ (copper matte) বলে। ইহাতে প্রায় 35% কপার ও 30% আয়রন থাকে।

বিগলন : দ্বিতীয় পর্যায় : কপার ম্যাটকে পুনর্বার উপরোক্ত পন্থায় তাপ-জারিত ও বিগলিত করিয়া ফাইন মেটাল (fine metal) পাওয়া যায়। ইহাতে প্রায়

80% কপার ও 20% সালফার এবং অতি সামান্য পরিমাণ আয়রন থাকে। এই পর্যায়ে যে ধাতুমল গঠিত হয়, তাহাতে বেশ কিছু পরিমাণ কপার মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহাকে উপরোক্ত প্রথম পর্যায়ের বিগলন-প্রক্রিয়ায় মিশাইয়া দেওয়া হয়।

(iv) **স্বতঃবিজারণ :** গলিত ফাইন মেটালকে সরাসরি বেসেমার চুল্লীতে (Bessemer converter) স্থানান্তরিত করিয়া বায়ু-প্রবাহে উহাকে উত্তপ্ত করা হয়। [বেসেমার চুল্লীর ভিতরের গাত্রে সিলিকা-নির্মিত ইষ্টকের আস্তরণ দেওয়া থাকে।] এই উত্তাপনের ফলে, কিউপ্রাস সালফাইড আংশিকভাবে কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং সেই সঙ্গে অল্প পরিমাণ কপার সালফেট এবং কিউপ্রাস অক্সাইডও উৎপন্ন হয়। $Cu_2S+2O_2=2CuO+SO_2$; $2Cu_2S+SO_2=2CuSO_4+2CuO$; $2Cu_2S+3O_2=2Cu_2O+2SO_2$. এইরূপ পরিবর্তনের পর চুল্লীর ভিতরে বায়ু-প্রবাহ বন্ধ করিয়া দিয়া চুল্লীর তাপমাত্রা আরও বর্ধিত করা হয়। উচ্চতর তাপে Cu_2S, $CuSO_4$, Cu_2O ও CuO নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করিয়া স্বতঃবিজারণ পদ্ধতিতে ধাতব কপারে পরিণত হয় : $Cu_2S+2CuO=4Cu+SO_2$; $2Cu_2O+Cu_2S=6Cu+SO_2$; $CuSO_4+Cu_2S=3Cu+2SO_2$. উৎপন্ন গলিত কপারকে ছাঁচে ঢালিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। ঠাণ্ডা হইয়া কঠিন হইবার কালে ইহার অভ্যন্তরে দ্রবীভূত SO_2 বাহির হইয়া আসে এবং প্রায়-কঠিনীভূত কপার পিণ্ডের উপরিভাগে বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হয়। ইহাতে কপার পিণ্ডের উপরিভাগ ফোস্কার আকার ধারণ করে। এই জন্য উৎপন্ন এই কপারকে **ব্লিস্টার কপার** (Blister copper) বলা হয়। ইহাতে প্রায় 98% কপার থাকে।

(v) **ব্লিস্টার কপার পরিশোধন :** ব্লিস্টার কপারে অল্প পরিমাণ বিভিন্ন ধাতু, কিউপ্রাস অক্সাইড ও ধাতুমল অশুদ্ধিরূপে বর্তমান থাকিতে পারে। ইহাকে প্রথমে তাপ-পরিশোধন পদ্ধতিতে এবং পরে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে পরিশোধিত করা হয়।

তাপ-পরিশোধন পদ্ধতি : ব্লিস্টার কপারের খণ্ডকে চুল্লীতে লইয়া বায়ু-প্রবাহে উহাকে উত্তপ্ত করিয়া বিগলিত করা হয়। ইহার ফলে, ধাতুখণ্ডে অবস্থিত অবশিষ্ট সালফাইড যৌগ SO_2-রূপে এবং আর্সেনিক-ঘটিত যৌগ As_2O_3-রূপে জারিত হয়। SO_2 ও As_2O_3 গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া যায়। আয়রন, টিন প্রভৃতি ভারী ধাতু উহাদের অক্সাইডে পরিণত হইয়া গলিত কপারের উপরে ভাসিয়া উঠে এবং ইহাদিগকে অপসারিত করা হয়। ধাতব কপারে কিউপ্রাস অক্সাইড অশুদ্ধিরূপে থাকিলে ধাতুটি ভঙ্গুর হইয়া যায়। অবিশুদ্ধিরূপ বর্তমান Cu_2O-কে বিজারিত করিতে গলিত কপারের উপরে অ্যান্‌থ্রাসাইট কোক চূর্ণ ছড়াইয়া দিয়া কাঁচা কাষ্ঠদণ্ডের সাহায্যে উহাকে আলোড়িত করা হয়। এই প্রক্রিয়ার শেষে যে কপার পাওয়া যায়, তাহাকে টাফ্‌ পিচ্‌ (Tough pitch) বলা হয় এবং ইহাতে প্রায় 99·5% কপার থাকে।

তড়িৎ-পরিশোধন : তাপ-পরিশোধন প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত কপারে অতি অল্প পরিমাণে বিভিন্ন ধাতু অবিশুদ্ধিরূপে বর্তমান থাকে। ইহাদের মধ্যে সেলেনিয়াম, টেলুরিয়াম,

সিলভার ও গোল্ড জাতীয় মূল্যবান মৌলও সামান্য পরিমাণে অবস্থিত থাকে। বৈদ্যুতিক সাজ-সরঞ্জামের জন্য প্রয়োজনীয় অতি-বিশুদ্ধ কপার প্রস্তুত করিতে ও উপরোক্ত মূল্যবান মৌলগুলিকে উপজাত পদার্থরূপে সংগ্রহ করিবার প্রয়াসে তাপ-পরিশোধিত কপারকে তড়িৎ-শোধিত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণে ($15\%CuSO_4+5\%\ H_2SO_4$) তাপ-শোধিত কপার-খণ্ডকে অ্যানোড ও বিশুদ্ধ কপারের পাতলা পাতকে ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করিয়া এই তড়িৎ-পরিশোধন (তড়িৎ-বিশ্লেষণ) কার্য সম্পন্ন করা হয়। তড়িৎ-পরিশোধনের কালে অ্যানোড হইতে বিশুদ্ধ কপার দ্রবীভূত হইয়া ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। [মূল্যবান মৌলসমূহ ক্যাথোডে বাঁধা কাপড়ের থলিতে জমা হয় এবং উপযুক্ত প্রক্রিয়ায় ইহাদিগকে পরিশোধিত করিয়া সংগ্রহ করা হয়।] তড়িৎ-পরিশোধনে প্রাপ্ত কপার প্রায় 99.9% বিশুদ্ধ।

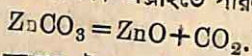
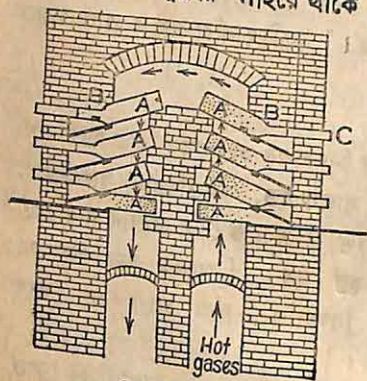
জিংক নিষ্কাশন :

সাধারণতঃ জিংক ব্লেণ্ড আকরিক হইতে জিংক নিষ্কাশন করা হয়। এই আকরিকে জিংক সালফাইডের সহিত অশুদ্ধিরূপে লেড সালফাইড, ক্যাডমিয়াম সালফাইড, বালী, মাটি ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে। এই সকল অপদ্রব্যকে তৈল-ভাসান পদ্ধতিতে যথাসম্ভব অপসারিত করিয়া আকরিককে গাঢ় করা হয়। [অনেক সময় জিংকের কার্বনেট আকরিক ক্যালামাইন হইতে জিংক নিষ্কাশিত করা হয়। এই ক্ষেত্রে আকরিকের প্রারম্ভিক গাঢ়ীকরণ প্রয়োজন হয় না।]

আকরিক গাঢ়ীকরণ : বড় বড় জল-পূর্ণ চৌবাচ্চায় উত্তমরূপে চূর্ণ জিংক ব্লেণ্ড আকরিককে অল্প পাইন তেল ও অ্যাসিডসহ বায়ু-প্রবাহে আলোড়িত করিলে প্রথমে ফেনার আকারে লেড সালফাইড ভাসিয়া উঠে। ইহাকে অপসারিত করিয়া মিশ্রণকে পুনরায় অল্প পরিমাণ তেল ও অ্যাসিডসহ বায়ু-প্রবাহে আলোড়িত করিলে জিংক সালফাইড চূর্ণ ফেনার আকারে উপরে ভাসিয়া উঠে। ইহাকে অপসারিত করিয়া শুষ্ক করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় আকরিকের বালি, মাটি ইত্যাদি চৌবাচ্চার তলদেশে থিতাইয়া পড়িয়া পৃথক্ হয়।

তাপ-জারণ : গাঢ়ীকৃত আকরিক-চূর্ণকে উল্লম্ব বহুতল-বিশিষ্ট চুল্লীতে বায়ু-প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া তাপ-জারিত করা হয়। এই সময়ে চুল্লীর সহিত সংযুক্ত যান্ত্রিক আলোড়কের সাহায্যে আকরিক-চূর্ণকে উত্তমরূপে আলোড়িত করা হয় এবং উত্তপ্ত আকরিক-চূর্ণের ভিতর দিয়া চুল্লীর তলদেশ হইতে উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহ পাঠানো হয়। উচ্চতর তাপমাত্রায় (800°—900°C) আকরিক-চূর্ণকে এইরূপে তাপ-জারিত করা হয়, যাহাতে জিঙ্ক সালফাইড সম্পূর্ণরূপে জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয়। [নিম্নতর উত্তাপে তাপ-জারণের ফলে অনেক সময় জিঙ্ক সালফাইড জিংক সালফেটে পরিণত হয় এবং নিষ্কাশনের পরবর্তী বিজারণ প্রক্রিয়ায় উহা পুনরায় জিঙ্ক সালফাইড রূপে বিজারিত হইয়া অশুদ্ধিরূপে ধাতব জিঙ্কের সহিত মিশ্রিত থাকে। সেইজন্য, উচ্চতর তাপমাত্রায় আকরিকের তাপ-জারণ সম্পন্ন করা হয় এবং এই তাপমাত্রায় উৎপন্ন জিঙ্ক সালফেট

জিঙ্ক অক্সাইডে বিযোজিত হয়।] $2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$; $ZnS+O_2 =ZnSO_4$; $2ZnSO_4=2ZnO+2SO_2+O_2$. ক্যালামাইন আকরিক ব্যবহার করিলে এই তাপ-জারণে উহা জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয় ঃ

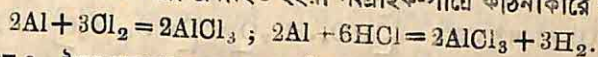
$$ZnCO_3=ZnO+CO_2.$$

বিজারণ ঃ তাপ-জারণে উৎপন্ন জিঙ্ক অক্সাইডের সহিত উহার এক-চতুর্থাংশ পরিমাণ* ওজনের কোক-চূর্ণ মিশাইয়া মিশ্রণটিকে অগ্নি-সহ্য ইটের তৈরী বক-যন্ত্রে (A) ভরা হয়। এইরূপ অনেকগুলি বক-যন্ত্র একটি চুল্লীর ভিতরে উপর হইতে নীচে বিভিন্ন সারিতে পরপর সাজানো হয়। (প্রতিটি বক-যন্ত্রের খোলা-মুখের দিকটি সামান্য ঢালু অবস্থায় চুল্লীর বাহিরে থাকে (চিত্র দ্রষ্টব্য)। প্রত্যেকটি বক-যন্ত্রের খোলা মুখে মৃত্তিকা-নির্মিত গ্রাহক-নল (B) এবং গ্রাহক নলের সহিত লৌহ-নির্মিত শীতক নল (C) বা prolong সংযুক্ত থাকে। চুল্লীর নীচের দিকে প্রডিউসার গ্যাস জ্বালাইয়া বক-যন্ত্রগুলিকে প্রায় 1400°C তাপমাত্রার উত্তপ্ত করা হয়। এই তাপমাত্রায় ZnO কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া ধাতব জিঙ্কে পরিণত হয় এবং কার্বন মনক্সাইড উৎপন্ন হয়। চুল্লীর তাপমাত্রায় জিঙ্ক ধাতু বাষ্পাকারে কার্বন মনক্সাইডের সহিত গ্রাহক-নল ও শীতকে প্রবেশ করে। অধিকাংশ জিঙ্ক-বাষ্প ঘনীভূত হইয়া তরলাকারে গ্রাহক-নলে জমা হয় এবং অল্প পরিমাণ জিঙ্ক-বাষ্প জিঙ্ক অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত হইয়া শীতকে জিঙ্ক-ধূলিরূপে সঞ্চিত হয়। শীতকের খোলা মুখে কার্বন মনক্সাইড (ইহার সহিত সামান্য পরিমাণ জিঙ্ক-বাষ্পও বর্তমান থাকে) উজ্জ্বল নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে। বিজারণ সমাপ্ত হইতে কার্বন মনক্সাইডের নীল শিখা অন্তর্হিত হয় এবং শিখাটি উজ্জ্বল সাদাবর্ণ ধারণ করে। (ইহাই বিজারণের সমাপ্তি ঘোষণা করে।) এই সময় চুল্লীর জ্বালানী-গ্যাসের প্রবাহ বন্ধ করিয়া দিয়া চুল্লীর তাপমাত্রা কমাইয়া আনা হয়। গলিত জিঙ্ক ধাতুকে গ্রাহক-নল হইতে সংগ্রহ করিয়া ছাঁচে ফেলিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। এইরূপে প্রাপ্ত অবিশুদ্ধ জিঙ্ককে স্পেল্টার (spelter) বলা হয়।

জিঙ্ক নিষ্কাশন।

পরিশোধন ঃ উপরোক্ত কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে যে অবিশুদ্ধ জিঙ্ক ধাতু বা স্পেল্টার উৎপন্ন হয়, তাহাতে অশুদ্ধি রূপে কিছু পরিমাণ জিঙ্ক অক্সাইড, লেড, ক্যাডমিয়াম, আয়রন, আর্সেনিক, সিলিকন ইত্যাদি বর্তমান থাকে স্পেল্টারকে

* জিঙ্ক অক্সাইডকে বিজারিত করিবার সময়ে ব্যবহৃত কার্বন হইতে যাহাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন না হয়, সেইজন্য অধিকতর পরিমাণে কোক-চূর্ণ ব্যবহার করা হয়। কারণ, উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইড জিঙ্ক ধাতুকে জারিত করিয়া জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত করে ঃ $Zn+CO_2 \rightleftharpoons ZnO+CO$. অধিক পরিমাণে কার্বন ব্যবহার করিলে CO_2 উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বন মনক্সাইডে পরিণত হয় ঃ $CO_2+C=2CO$.

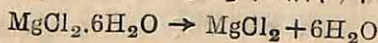
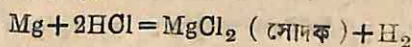
উত্তপ্ত করিয়া গলিত অবস্থায় কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে আয়রন, লেড প্রভৃতি ধাতুগুলি তরলের নীচের স্তরে নামিয়া আসে এবং উপরের স্তরে বিশুদ্ধতর জিঙ্ক অবস্থান করে। উপরের স্তরের তরল জিঙ্ককে অল্প পটাশিয়াম নাইট্রেট সহ নিম্নচাপে পুনঃপুনঃ পাতিত করিয়া বিশুদ্ধ জিঙ্ক পাওয়া যায়। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড-মিশ্রিত জিংক সালফেটের জলীয় দ্রবণকে অবিশুদ্ধ জিঙ্ক খণ্ড (স্পেল্টার) অ্যানোড রূপে ও বিশুদ্ধ জিঙ্কের পাতকে ক্যাথোড রূপে ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে ক্যাথোডে অতি-বিশুদ্ধ জিঙ্ক পাওয়া যায়।

✓(b) (i) **অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ঃ প্রস্তুতি ঃ** একটি শক্ত কাচের দহন-নলে অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর কুচি লওয়া হয়। দহন-নলের একপ্রান্ত হইতে শুষ্ক HCl গ্যাস বা Cl_2 গ্যাস উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়ামের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। দহন-নলের অপর প্রান্তে নির্গম-নল সহ একটি শুষ্ক সংগ্রাহক পাত্র (ফ্লাস্ক) সংযুক্ত থাকে। এই ফ্লাস্কটিকে শীতল রাখা হয়। উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যালুমিনিয়ামের সহিত HCl গ্যাস বা ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং উদ্বায়ী বলিয়া এই যৌগ দহন-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া সংগ্রাহক-পাত্রে কঠিনাকারে সঞ্চিত হয়।

$$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3 \;;\; 2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2.$$

ব্যবহার ঃ জৈব রসায়নের বহু প্রস্তুতিতে অনুঘটকরূপে অনার্দ্র $AlCl_3$ ব্যবহৃত হয়। গন্ধদ্রব্য-শিল্পে ও পেট্রোলিয়াম বিভাজনে (crocking) অনার্দ্র $AlCl_3$ ব্যবহার করা হয়।

(ii) **অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ঃ প্রস্তুতি ঃ** ম্যাগনেসিয়াম ধাতুকে লঘু HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন স্বচ্ছ দ্রবণকে তাপপ্রয়োগে ঘনায়িত করিয়া কেলাসিত করিলে প্রায়-বর্ণহীন সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস ($MgCl_2.6H_2O$) পাওয়া যায়। এই কেলাসগুলিকে একটি দহন-নলে লইয়া শুষ্ক HCl গ্যাসের প্রবাহে উহাদিগকে উত্তপ্ত করিলে কেলাস-জল দূরীভূত হইয়া অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 \text{ (সোদক)} + H_2$$

$$MgCl_2.6H_2O \rightarrow \underset{\text{অনার্দ্র}}{MgCl_2} + 6H_2O$$

ব্যবহার ঃ দন্ত-চিকিৎসায় প্রয়োজনীয় সোরেল সিমেণ্ট প্রস্তুতিতে ও ম্যাগনেসিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

(iii) **ফিটকিরি বা অ্যালাম ঃ প্রস্তুতি ঃ** ফিটকিরি বলিতে সাধারণতঃ পটাশ অ্যালাম বা পটাশিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সালফেটকে [$K_2SO_4.\ Al_2(SO_4)_3.24H_2O$] বুঝায়। সম-আণবিক পরিমাণ পটাশিয়াম সালফেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের মিশ্রণকে জল হইতে কেলাসিত করিয়া ফিটকিরি প্রস্তুত করা যায়। শিল্পোৎপাদন পদ্ধতিতে বক্সাইট আকরিক হইতে ইহা প্রস্তুত করা হয়। সীসার পাতদ্বারা আস্তরিত লোহ-নির্মিত বড় বড় চৌবাচ্চায় বক্সাইট-চূর্ণকে 62% H_2SO_4 দ্রবণসহ উত্তপ্ত করিয়া

দ্রবীভূত করা হয়। উৎপন্ন দ্রবণে বেরিয়াম সালফাইড চূর্ণ মিশাইয়া ফেরিক সালফেটকে ফেরাস সালফেটরূপে বিজারিত করা হয়। এই মিশ্রণকে কিছুক্ষণ রাখিয়া দিয়া মিশ্রণের উপরিভাগ হইতে স্বচ্ছ দ্রবণকে স্থানান্তরিত করা হয়। এই স্বচ্ছ দ্রবণে পরিমাণ অনুযায়ী পটাশিয়াম সালফেট মিশাইয়া মিশ্রণকে কেলাসিত করিলে ফিটকিরির কেলাস পাওয়া যায়। ইহাদিগকে ছাঁকিয়া পৃথক্ করা হয় এবং বায়ুতে শুষ্ক করা হয়।

ব্যবহার : বস্ত্র রঞ্জনে মর্ড্যান্ট (mordant) রূপে, কাগজ-শিল্পে, চর্ম-শিল্পে, ঘোলাজল পরিষ্কার ও বিশুদ্ধ করিতে ফিটকিরি ব্যবহার করা হয়। ইহ ছাড়াও, বীজাণু-নাশক রূপে, ঔষধে ও অল্পমাত্রার রক্তপাত বন্ধ করিতে ফিটকিরি প্রয়োজন হয়।

(iv) **প্লাষ্টার অব্ প্যারিস : প্রস্তুতি :** প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে জিপসাম আকরিক ($CaSO_4.2H_2O$) পাওয়া যায়। চূর্ণ জিপসামকে $110^\circ-120^\circ C$ তাপমাত্রায় বড় লৌহ-পাত্রে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপনের সময় জিপসাম-চূর্ণকে যন্ত্রচালিত আলোড়কের সাহায্যে আলোড়িত করা হয়। তাপের প্রভাবে জিপসাম কেলাস উহার কেলাস-জল আংশিকভাবে পরিত্যাগ করিয়া প্লাষ্টার অব্ প্যারিসে ($2CaSO_4.H_2O$) পরিণত হয় : $2CaSO_4.2H_2O = 2CaSO_4.H_2O + 3H_2O$.

প্লাষ্টার অব্ প্যারিস উত্তপ্ত করিবার সময় তাপমাত্রা বিশেষভাবে নিয়ন্ত্রিত করিতে হয়। জিপসামে যাহাতে কার্বন-জাতীয় বা অন্যান্য বিজারক-দ্রব্য না থাকে, বা উহা যাহাতে কার্বন-যুক্ত জ্বালানীর সংস্পর্শে না আসে সে-দিকে বিশেষভাবে লক্ষ্য রাখা হয়। কারণ, তাপমাত্রা 150°C-এর বেশী হইলে জিপসামের সমস্ত কেলাস-জল দূরীভূত হয় এবং এই অতি-দগ্ধ (dead burnt) জিপসাম জলের সংস্পর্শে জমাট বাঁধে না। কার্বন-যুক্ত জ্বালানী বা বিজারক-দ্রব্যের সহিত উত্তপ্ত করিলে জিপসাম বিজারিত হইয়া ক্যালসিয়াম সালফাইডে পরিণত হয়।

ব্যবহার : ছাঁচ, মূর্তি প্রভৃতি নির্মাণে, ভাঙ্গা হাড় জোড়া লাগাইবার ব্যাণ্ডেজ রূপে ও দেওয়ালের আস্তরণে প্লাষ্টার অব্ প্যারিস ব্যবহৃত হয়।

(v) **কপার পাইরাইটস্ হইতে ব্লু ভিট্রিয়ল প্রস্তুতি :** ব্লু ভিট্রিয়ল সোদক কপার সালফেট, $CuSO_4.5H_2O$. কপার পাইরাইটস্ কপারের আকরিক এবং ইহার মুখ্য উপাদান Cu_2S ও Fe_2S_3. চূর্ণ কপার পাইরাইটস্ আকরিককে নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রায় (700°C তাপমাত্রার নিম্নে) সতর্কতার সহিত এমন ভাবে তাপ-জারিত করা হয়, যাহাতে আকরিকের আয়রন উহার অক্সাইডে এবং কপার উহার সালফেটে ($CuSO_4$) পরিণত হয়। উৎপন্ন পদার্থকে ঠাণ্ডা করিয়া জল দ্বারা অপক্ষালিত (extract) করিলে কপার সালফেট জলে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু আয়রন অক্সাইড ও অল্প পরিমাণে কপার অক্সাইড (তাপ-জারণের ফলে অল্প পরিমাণ CuO-ও গঠিত হয়) অবশেষ রূপে পড়িয়া থাকে। মিশ্রণটিকে ছাঁকিয়া লইয়া পরিস্রুত দ্রবণকে বাষ্পায়িত করিলে সোদক কপার সালফেট বা ব্লু ভিট্রিয়লের কেলাস পাওয়া যায়। উহাদিগকে ছাঁকিয়া লইয়া শুষ্ক করা হয়।

ব্যবহার : কৃষিক্ষেত্রে আগাছা-বিনাশকরূপে ও পোকা-মাকড় ধ্বংসের কাজে, তড়িৎ-লেপনে, রঞ্জন-শিল্পে, ঔষধিতে, তড়িৎ-কোষে, চামড়া ও কাষ্ঠ সংরক্ষণে ব্লু ভিট্রিয়ল ব্যবহৃত হয়।

(vi) **সবুজ ভিট্রিয়ল : প্রস্তুতি :** সোদক ফেরাস সালফেটকে ($FeSO_4.7H_2O$) সবুজ ভিট্রিয়ল বলা হয়। লোহার কুচি বা ছোট ছোট টুকরাকে লঘু H_2SO_4-দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন হাল্কা-সবুজ বর্ণের দ্রবণকে বাষ্পায়িত করিলে সোদক ফেরাস সালফেটের হাল্কা-সবুজবর্ণের কেলাস পাওয়া যায় ; এই কেলাসগুলিকে ছাঁকিয়া লইয়া উহাদিগকে ব্লটিং-পেপারে চাপিয়া শুষ্ক করা হয় এবং বন্ধ পাত্রে আটকাইয়া রাখা হয়।

ব্যবহার : ফেরাস যৌগ প্রস্তুতিতে, ঔষধিতে ও লিখিবার কালি ও রুজ্ (rouge) প্রস্তুত করিতে সবুজ ভিট্রিয়ল ব্যবহৃত হয়।

(vii) **সাদা ভিট্রিয়ল : প্রস্তুতি :** সোদক জিংক সালফেটকে ($ZnSO_4.7H_2O$) সাদা ভিট্রিয়ল বলা হয়। জিংক অক্সাইড বা জিংক কার্বনেটকে লঘু H_2SO_4-দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণকে পরিস্রুত করিয়া বাষ্পায়িত করিলে জিংক সালফেটের সোদক কেলাস ($ZnSO_4.7H_2O$) পাওয়া যায়। এই কেলাসকে ছাঁকিয়া লইয়া বায়ুতে শুষ্ক করা হয়। জিংক ব্লেণ্ড আকরিককে উচ্চ তাপমাত্রায় তাপ-জারিত করিলেও জিংক সালফেট গঠিত হয় : $ZnS+2O_2=ZnSO_4$. উৎপন্ন পদার্থকে শীতল করিয়া জলদ্বারা অপক্ষালিত করা হয় এবং পরিস্রুত জলীয় দ্রবণকে বাষ্পায়িত করিয়া সোদক জিংক সালফেটের কেলাস সংগ্রহ করা হয়।

ব্যবহার : ঔষধ ও রং প্রস্তুতিতে সাদা ভিট্রিয়ল ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ৯। (a) **হেমাটাইট আকরিক হইতে কিরূপে ঢালাই লোহা প্রস্তুত করা হয়? ইহা প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত মারুত চুল্লীর একটি পরিষ্কার চিত্র অংকন কর এবং উহার বিভিন্ন অংশ দেখাইয়া ঐ সকল অংশে যে বিক্রিয়া ঘটে তাহা উল্লেখ কর।**

(b) **ধাতু-সংকর বলিতে কি বুঝ? নিষ্কলঙ্ক ইস্পাত কি?**

(c) ***লোহায় মরিচা পড়ে কেন? মরিচা-পড়া রোধ করিবার একটি ব্যবস্থার উল্লেখ কর। *নিষ্ক্রিয় লোহা বলিতে কি বুঝ?***

(d) **গৌণ উপাদানগুলির পরিপ্রেক্ষিতে ঢালাই লোহা, ইস্পাত ও পেটা লোহার সাধারণ সংযুতি দেখাও।**

(e) **ঢালাই লোহা হইতে ইস্পাত-প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

*(f) **ইস্পাত প্রস্তুতির ওপেন-হার্থ ও বেসেমার পদ্ধতির তুলনা কর।**

[(a) How is cast iron produced from haematite ore? Give a neat sketch of the blast furnace, indicating different sections of the furnace and the reactions taking place in these sections of the furnace.

(b) What is an alloy ? What is stainless steel ?

(c) How does rusting of iron takes place and state one of its remedial measures. *What is meant by passive iron ?

(d) Give the average composition of cast iron, steel and wrought iron in terms of the minor ingredients present in them.

(e) Describe how steel is produced from cast iron.

*(f) Compare open-hearth and Bessemer processes for the manufacture of steel.]

(a) **ঢালাই লোহা নিষ্কাশন :** মারুত চুল্লীতে হিমাটাইটকে বিজারিত করিয়া ঢালাই লোহা প্রস্তুত করা হয়। এই প্রক্রিয়া দুইটি পর্যায়ে সম্পন্ন করা হয় ; যথা, (i) আকরিকের তাপ-জারণ ও (ii) তাপজারিত আকরিকের বিগলন তথা বিজারণ।

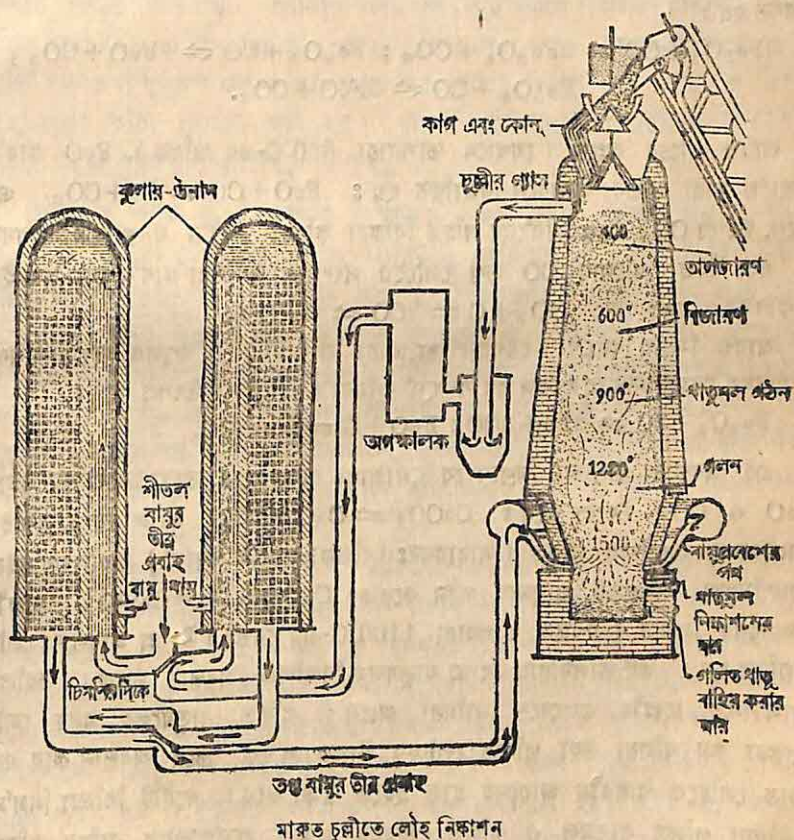
তাপ-জারণ : ভারতবর্ষে যে-সকল হিমাটাইট পাওয়া যায়, তাহারা এত উচ্চ মানের যে তাহাদিগকে গাঢ় করিবার প্রয়োজন হয় না। চূর্ণ হিমাটাইটকে অল্প পরিমাণ কোক-কয়লার সহিত মিশাইয়া বায়ুর সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলে জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাই-অক্সাইড (কার্বনেটের বিযোজনে উৎপন্ন), আর্সেনিয়াস অক্সাইড (আর্সেনিক-ঘটিত যৌগের জারণে উৎপন্ন), সালফার ডাই-অক্সাইড (সালফাইড যৌগের জারণে উৎপন্ন) প্রভৃতি উদ্বায়িত হইয়া আকরিকটি সম্পূর্ণরূপে Fe_2O_3-তে পরিণত হয় এবং উহা সচ্ছিদ্র (porous) ও শুষ্ক হয়।

বিগলন ও বিজারণ : তাপ-জারিত হিমাটাইটকে কোক ও চুনাপাথরের সহিত 5 : 2 : 1 ওজনের অনুপাতে মিশাইয়া মারুত চুল্লীতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে আকরিকের ফেরিক অক্সাইড কার্বন ও কার্বন মনক্সাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয় এবং সিলিকাজাতীয় অশুদ্ধি চুনের (চুনাপাথরের বিযোজনে উৎপন্ন) সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতুমল (ক্যালসিয়াম সিলিকেট) গঠন করে। চুল্লীর উচ্চতাপে উৎপন্ন আয়রন ও ধাতুমল গলিত অবস্থায় চুল্লীর তলদেশে দুইটি বিভিন্ন স্তরে সঞ্চিত হয়।

তাপজারিত আকরিক, কোক ও চুনা পাথরের মিশ্রণকে 'কাপ ও কোন'* ব্যবস্থা সম্বলিত মারুত চুল্লীর মুখ দিয়া ঢালিয়া দেওয়া হয়। চুল্লীটিকে চালু করিতে উহার তলদেশের মেঝেতে কিছু শুষ্ক কাঠ দগ্ধ করা হয়। মারুত চুল্লীর তলদেশ হইতে চুল্লীর ভিতরে উচ্চচাপে উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহ পাঠাইবার ব্যবস্থা থাকে। চুল্লীর মেঝের কিছু উপরে অবস্থিত এবং উহার বিপরীত গাত্রে সংযুক্ত লৌহ-নলসমূহের (Tuyers) মাধ্যমে 700°—800°C তাপমাত্রায় এবং 2 বায়ু-চাপে উত্তপ্ত ও শুষ্ক বায়ু চুল্লীর আকরিক মিশ্রণের ভিতর দিয়া প্রথমে ধীরে ধীরে এবং পরে প্রবলবেগে প্রবাহিত করা

---

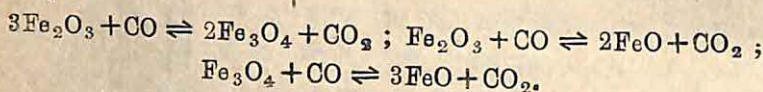
* এই পদ্ধতিতে আকরিক-মিশ্রণ চুল্লীর মুখ দিয়া উহার ভিতরে প্রবেশ করানো যায়, কিন্তু চুল্লীতে উৎপন্ন উত্তপ্ত গ্যাস এই পথে নির্গত হইতে পারে না।

হয়। ['কুপার ষ্টোভ' নামক উত্তপ্ত স্তম্ভের ভিতর দিয়া পরিষ্কৃত ও শুষ্ক বায়ু পাঠাইয়া উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহ পাওয়া যায়।] উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহে কোক দগ্ধ হইয়া প্রচুর তাপ উৎপন্ন করে এবং সেই সঙ্গে কার্বন মনক্সাইড (বিজারক গ্যাস) ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। উত্তপ্ত গ্যাস বাহির হইয়া যাইবার জন্য চুল্লীর উপরের দিকে এক পার্শ্বে একটি নির্গম-নল থাকে। এই পথ দিয়া যে-গ্যাস নির্গত হয়, তাহাতে প্রচুর পরিমাণে অবিকৃত কার্বন মনক্সাইডসহ নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন, বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন ইত্যাদি বর্তমান থাকে। ইহাকে পরিষ্কার করিয়া বিশেষ ব্যবস্থায় ('কুপার ষ্টোভে') তাপ পুনরুদ্ধার করা হয় এবং পুনরায় নূতন বায়ু-প্রবাহের সহিত টায়ারের ভিতর দিয়া চুল্লীতে পাঠানো হয়।

মারুত চুল্লীতে লৌহ নিষ্কাশন

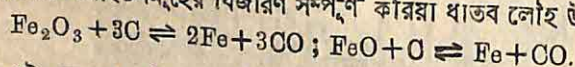
মারুত চুল্লীতে রাসায়নিক বিক্রিয়া : হেমাটাইট হইতে লৌহ নিষ্কাশনের সময় মারুত চুল্লীতে ধারাবাহিকভাবে অনেকগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। উল্লম্ব অবস্থায়, প্রজ্বলিত মারুত চুল্লীর বিভিন্ন অংশে তাপমাত্রার মান বিভিন্ন হয়। তাপ-মাত্রার এই পার্থক্য অনুযায়ী, দৈর্ঘ্যের দিক দিয়া মারুত চুল্লীকে কয়েকটি অংশে

বিভক্ত করা যায়। যথাঃ (১) চুল্লীর উপরের দিকে (400°—900°C তাপমাত্রা) প্রধানতঃ বিজারণের স্থান, (২) চুল্লীর মাঝামাঝি অংশে (900°—1100°C তাপমাত্রা) ধাতুমল গঠনের স্থান এবং চুল্লীর সর্বনিম্ন অংশে (1100°—1500°C তাপমাত্রা) বিগলনের স্থান।

চুল্লীর উপরের অংশে (যেখানে তাপমাত্রা প্রায় 400°C), নিষ্কাশনে ব্যবহৃত উপাদানসমূহ উত্তপ্ত হইয়া জলশূন্য হয়। এই শুষ্ক উপাদানসমূহ ক্রমশঃ নীচের দিকে ক্রমবর্ধমান তাপমাত্রার অংশে নামিয়া আসে। এইরূপে নামিবার কালে, একটু নীচের অংশে (যেখানে তাপমাত্রা 400°C-এর অধিক), নিম্ন হইতে আগত কার্বন মনক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় ফেরিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া ফেরাস অক্সাইডে পরিণত হয়ঃ

$$3Fe_2O_3 + CO \rightleftharpoons 2Fe_3O_4 + CO_2 \;;\; Fe_2O_3 + CO \rightleftharpoons 2FeO + CO_2 \;;$$
$$Fe_3O_4 + CO \rightleftharpoons 3FeO + CO_2.$$

আরও নীচের অংশে (যেখানে তাপমাত্রা 650°C-এর অধিক), FeO কার্বন মনক্সাইড দ্বারা ধাতব আয়রনে বিজারিত হয়ঃ $FeO + CO \rightleftharpoons Fe + CO_2$. এই অংশে, উৎপন্ন CO_2 উত্তপ্ত কার্বনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন মনক্সাইডে পরিণত হয় এবং কিছু পরিমাণ CO তপ্ত লৌহের সংস্পর্শে আসিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বনে পরিণত হয় : $CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO \rightleftharpoons C + CO_2$.

আরও নিম্নের অংশে (যেখানে তাপমাত্রা প্রায় 900°C), জ্বলন্ত কার্বন-কণিকা আয়রনের অক্সাইডসমূহের বিজারণ সম্পূর্ণ করিয়া ধাতব লৌহ উৎপন্ন করেঃ

$$Fe_2O_3 + 3C \rightleftharpoons 2Fe + 3CO \;;\; FeO + C \rightleftharpoons Fe + CO.$$

এই অবস্থায়, উপাদান-মিশ্রণে যে চুনাপাথর ব্যবহৃত হয়, তাহা বিযোজিত হইয়া CaO ও CO_2 উৎপন্ন করেঃ $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$. ক্যালসিয়াম অক্সাইড আকরিকের অশুদ্ধির সহিত (সাধারণতঃ সিলিকা-জাতীয় পদার্থ) ক্রিয়ান্বিত হইয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতুমল গঠন করেঃ $CaO + SiO_2 = CaSiO_3$. চুল্লীর তলদেশের নিকটে (এখানে তাপমাত্রা 1100°C-এর বেশী) উৎপন্ন অবিশুদ্ধ লৌহ বিগলিত হয়। এই তাপমাত্রায় উৎপন্ন ধাতুমলও বিগলিত অবস্থায় থাকে। তরলিত পদার্থসমূহ চুল্লীর তলদেশে নামিয়া আসে। গলিত ধাতুমলের ঘনত্ব লৌহ অপেক্ষা কম বলিয়া উহা গলিত লৌহের উপরে পৃথক্ স্তরে অবস্থান করে এবং গলিত লৌহকে বায়বীয় জারণের হাত হইতে রক্ষা করে। দুইটি বিভিন্ন নির্গম-পথ দিয়া গলিত ধাতুমল ও গলিত লৌহকে পৃথক্ পৃথক্‌ভাবে বাহির করিয়া লওয়া হয়।

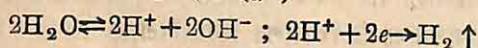
নিষ্কাশিত ধাতু সংগ্রহঃ মারুত চুল্লীতে উৎপন্ন অবিশুদ্ধ বা ঢালাই লৌহকে গলিত অবস্থায় সরাসরি ইস্পাত-প্রস্তুতির চুল্লীতে স্থানান্তরিত করা হয় বা উহাকে বড় বড় ছাঁচে ঢালিয়া কঠিনাকারে সংগ্রহ করা হয়।

(b) **ধাতু সংকর ঃ** দুই বা ততোধিক ধাতুর সমসত্ত্ব মিশ্রণকে ধাতু-সংকর বলা হয়। (দুইটি ধাতুর সংযোগে উৎপন্ন কোন ধাতু-সংকরের একটি উপাদান-ধাতু যদি পারদ হয়, তবে ঐ ধাতু-সংকরকে পারদ-সংকর বা অ্যামালগাম বলে।) সাধারণতঃ ধাতু-সংকর কঠিনাকার পদার্থ। কিন্তু, সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের সংযোগে উৎপন্ন ধাতু-সংকর তরল। ব্যবহারিক প্রয়োজনে ধাতব পদার্থে কতকগুলি বিশিষ্ট ধর্মের বিকাশ ঘটাইতে ধাতু-সংকর প্রস্তুত করা হয়। এই বিশিষ্ট ধর্মগুলি হইল, অধিকতর দৃঢ়তা ও অভঙ্গুরতা, উচ্চতর বা নিম্নতর গলনাংক, যান্ত্রিক ধর্মের উৎকর্ষ, নমনীয়তা ও পসার্যতার বৃদ্ধি, সাধারণ বায়ুর আক্রমণ-নিরোধের ক্ষমতা, উজ্জ্বলতা ইত্যাদি। ইস্পাতে বিশেষ ধর্মের বিকাশের জন্য মিশ্র-ইস্পাত বা সংকর ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়। সোনার নমনীয়তা দূরীকরণে (অলঙ্কার শিল্পে) উহার সহিত তামা বা রূপা মিশাইয়া ধাতু-সংকর প্রস্তুত করা হয়। বাসন-পত্র, ঘণ্টা, তার, মূর্তি প্রভৃতি প্রস্তুতিতে কপার ও জিংকের ধাতু-সংকর পিতল বা কপার ও টিনের ধাতু-সংকর কাঁসা প্রস্তুত করা হয়। ধাতব সোডিয়ামের রাসায়নিক তীব্রতা হ্রাস করিতে উহার পারদ-সংকর প্রস্তুত করা হয়।

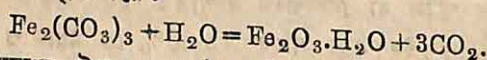
স্টেনলেস স্টীল বা নিষ্কলঙ্ক ইস্পাত ঃ ইহা একটি বিশেষ ধরনের সংকর ইস্পাত। সাধারণ ইস্পাতের সহিত 15-20% ক্রোমিয়াম ও 8-10% নিকেল মিশ্রিত করিয়া এই সংকর ইস্পাতটি প্রস্তুত করা হয়। এই সংকর ইস্পাতটি বর্তমানে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ইহা দেখিতে উজ্জ্বল ও রজতশুভ্র এবং জলবায়ুর প্রকোপে ইহা মরিচা-গ্রস্ত বা ক্ষয়প্রাপ্ত হয় না। অ্যাসিড বা ক্ষারদ্রবণের দ্বারাও ইহা সহজে আক্রান্ত হয় না। স্টেনলেস স্টীলের এইরূপ উৎকৃষ্টতর ধর্মের জন্য ইহা গৃহস্থালীর বাসন-পত্র, ছুরি, কাঁটা-চামচ, গৃহসজ্জার দ্রব্যাদি, শল্যচিকিৎসার যন্ত্রপাতি, বল-বেয়ারিং, যন্ত্রের ঘূর্ণায়মান অংশাদি, রাসায়নিক শিল্পে পাইপ, উত্তাপন-পাত্র ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(c) **মরিচা ঃ** সাধারণ লৌহ বা লৌহজাত কোন দ্রব্যকে স্বাভাবিক তাপমাত্রায় আর্দ্র বায়ুতে ফেলিয়া রাখিলে উহার উপর বাদামী-লাল রংয়ের চূর্ণের একটি আলগা আস্তরণ পড়ে। একটু ঘষিলেই এই চূর্ণ স্থানচ্যুত হইয়া যায়, কিন্তু আবার কিছুদিন পরে, লৌহের উন্মুক্ত অবিকৃত তলের উপরে পুনরায় ঐ বাদামী-লাল চূর্ণের আস্তরণ পড়ে। এইরূপে লৌহ বা লৌহজাত দ্রব্য ক্রমশঃ ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। বাদামী-লাল বর্ণের এই চূর্ণকে 'মরিচা' বলে এবং লৌহের উপর এইরূপ আস্তরণ পড়ার প্রক্রিয়াকে লৌহের 'মরিচা পড়া' বলে। লৌহের উপরে একবার মরিচা পড়িলে ইহা অতি দ্রুত গতিতে সংঘটিত হইয়া লৌহের ক্ষয়সাধন করে। এই মরিচা পড়ার মাত্রা, লৌহের মধ্যে উপস্থিত অপদ্রব্যের (বা অশুদ্ধির) পরিমাণ, জলীয় বাষ্প, অক্সিজেন এবং অন্যান্য তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের উপস্থিতির উপর নির্ভর করে। মরিচার রাসায়নিক সংযুতি সম্পূর্ণ স্থির নয়। তবে, সোদক ফেরিক অক্সাইড ($Fe_2O_3.nH_2O$) ইহার প্রধান উপাদান এবং ইহার সহিত স্বল্প পরিমাণ ফেরাস কার্বনেট ও ফেরাস হাইড্রক্সাইডও বর্তমান থাকে।

মরিচা পড়ার কারণ : জটিল তড়িৎ-রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে লৌহের উপর মরিচার সৃষ্টি হয়। লৌহের মধ্যে বিভিন্ন অপদ্রব্য বা অশুদ্ধির উপস্থিতি, লৌহখণ্ড বা লৌহ-দ্রব্যের অসমসত্ত্ব প্রকৃতি এবং উহার বাহিরের তলগুলি সমাকৃতি-সম্পন্ন না হওয়ার ফলে, লৌহের বিভিন্ন অংশের মধ্যে তড়িৎ-বিভবের উদ্ভব হয়। আর্দ্র আবহাওয়ার জলীয় বাষ্প বা জল দ্বারা এই বিভিন্ন অংশগুলি যুক্ত হইলে, অসংখ্য তড়িৎ-রাসায়নিক কোষের উদ্ভব হইয়া ইহার মধ্যে মৃদু তড়িৎ-প্রবাহ চলিতে থাকে। ফলে, নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলি সংঘটিত হয় : $Fe-2e \rightarrow Fe^{++}$ (অ্যানোডে বিক্রিয়া ; আয়রন দ্রবীভূত হয়) ;

$2H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2OH^-$; $2H^+ + 2e \rightarrow H_2 \uparrow$

(ক্যাথোডে বিক্রিয়া ; H_2 ও OH^- আয়ন উৎপন্ন হয়)।

এইরূপে উৎপন্ন Fe^{++} ও OH^- আয়নগুলি পরস্পর মিলিত হইয়া $Fe(OH)_2$ গঠন করে এবং ইহার সহিত বায়ুর CO_2-এর বিক্রিয়ায় $FeCO_3$ উৎপন্ন হয় : $Fe(OH)_2 + CO_2 = FeCO_3 + H_2O$ এই ফেরাস কার্বনেট বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া $Fe_2(CO_3)_3$ গঠন করে এবং উহা অচিরেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া সোদক ফেরিক অক্সাইড বা মরিচা সৃষ্টি করে :

$$Fe_2(CO_3)_3 + H_2O = Fe_2O_3.H_2O + 3CO_2.$$

মরিচা পড়া নিবারণের উপায় : লৌহের উপর মরিচা পড়া বন্ধ করিতে হইলে যাহাতে উহা আর্দ্র জলবায়ুর সংস্পর্শে না আসে, তাহার ব্যবস্থা করা প্রয়োজন। লৌহ বা লৌহজাত দ্রব্যের উন্মুক্ত তলকে আলকাতরা, ঘন-রং প্রভৃতির দ্বারা প্রলিপ্ত করিয়া উহার মরিচা পড়া রোধ করা যায়। লৌহখণ্ড বা লৌহনির্মিত বস্তুর উপর বিভিন্ন ধাতুর আস্তরণ (যথা, দস্তা-লেপন, টিন-লেপন, ক্রোমিয়াম-লেপন, নিকেল-লেপন) দিয়া (বা লৌহের সহিত নির্দিষ্ট পরিমাণ অন্য ধাতু মিশাইয়া সংকর ইস্পাত প্রস্তুত করিয়া) মরিচা পড়া বন্ধ করা যায়। লাল-তপ্ত লৌহখণ্ড বা লৌহজাত বস্তুর উপর দিয়া ষ্টীম প্রবাহিত করিলে উহাদের উপর Fe_3O_4 যৌগের যে অচ্ছেদ্য সূক্ষ্ম আস্তরণ পড়ে, তাহাও উহাদিগকে মরিচার হাত হইতে রক্ষা করে।

* **নিষ্ক্রিয় লৌহ :** অতিঘন বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে একখণ্ড লৌহকে কিছুক্ষণ ডুবাইয়া রাখিবার পর, উহাকে তুলিয়া লইয়া ও জল দিয়া উত্তমরূপে ধৌত করিলে দেখা যায় যে লৌহখণ্ডটির রাসায়নিক সক্রিয়তা নষ্ট হইয়া গিয়াছে। এই লৌহখণ্ডটিকে লঘু HCl দ্রবণে ডুবাইলে হাইড্রোজেন নির্মুক্ত হয় না, বা উহাকে কপার সালফেট দ্রবণে ডুবাইলে উহার উপর ধাতব কপারের আস্তরণ পড়ে না। ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যতীত, ক্রোমিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন পারক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতির সংস্পর্শে কতক্ষণ রাখিয়া দিলেও লৌহ উপরোক্তভাবে সক্রিয়তা হারায়। এইরূপ লৌহকে 'নিষ্ক্রিয় লৌহ' বলা হয় এবং লৌহের এইরূপ আচরণকে উহার 'নিষ্ক্রিয়তা' (passivity) বলা হয়। নিষ্ক্রিয় আয়রনের উন্মুক্ত তলগুলি ভালভাবে ঘসিয়া দিলে, বা হাতুড়ী দ্বারা উহাকে আঘাত করিলে, বা হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে

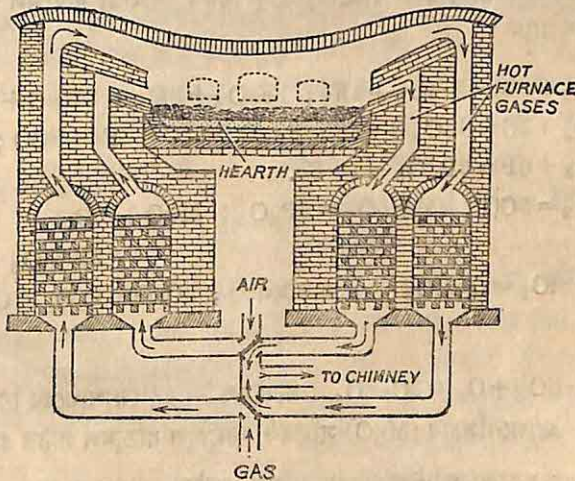
উহাকে উত্তপ্ত করিলে, বা উহাকে লঘু HCl-এ ডুবাইয়া ইহাতে একটুকরা জিংক ধাতু যুক্ত করিলে উহার নিষ্ক্রিয়তা দূরীভূত হইয়া যায় এবং উহা পুনরায় স্বাভাবিক রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।

নিষ্ক্রিয়তার কারণ : লোহের নিষ্ক্রিয়তার কারণরূপে বিজ্ঞানীদের ধারণা এই যে, অক্সিজেন-সমৃদ্ধ বিকারকের সংস্পর্শে লোহের উন্মুক্ত তলের উপর আয়রনের অক্সাইডের (খুব সম্ভবতঃ Fe_3O_4) একটি অতি সূক্ষ্ম, অচ্ছেদ্য ও সুষম আস্তরণ পড়ে। এই আস্তরণ দ্বারা আচ্ছাদিত থাকায় নিষ্ক্রিয় লোহ উহার স্বাভাবিক রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করিতে পারে না (কারণ, লোহের সংস্পর্শে বিকারক আসে না)। ঘর্ষণ বা আঘাতের ফলে, কিংবা কতকগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এই অচ্ছেদ্য আস্তরণ দূরীভূত বা দ্রবীভূত হয়। ফলে, নিষ্ক্রিয় লোহ পুনরায় সক্রিয় হয়।

(d) **ঢালাই লোহা :** কার্বন, 1·5 – 5% ; সিলিকন, 0·5 – 2% ;
ম্যাঙ্গানীজ, 0·2 – 1% ; ফসফরাস, 0·3 – 1% ; সালফার, 0·3 – 1%.

ইস্পাত : কার্বন 0·5 – 1·5%, সিলিকন 0·1 – 0·5%, ম্যাঙ্গানীজ 1 – 1·5%, ফসফরাস $<$0·1% ; সালফার $<$0·1%.

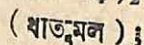
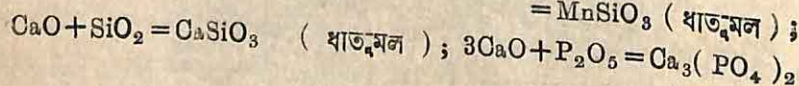
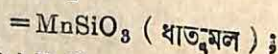
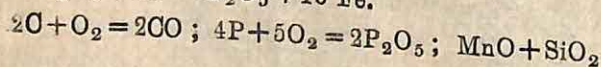
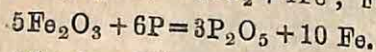
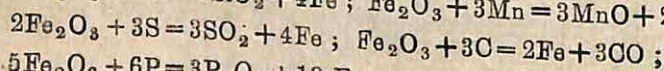
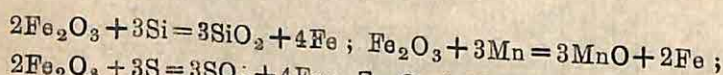
পেটা লোহা : কার্বন 0·1 – 0·25% ; সিলিকন, $<$0·1% ;
ম্যাঙ্গানীজ, $<$0·1%, ফসফরাস, $<$0·1% ; সালফার $<$0·1%.

(e) **ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতে কাস্ট আয়রন হইতে ইস্পাত প্রস্তুতি :** কাস্ট আয়রন হইতে ইস্পাত প্রস্তুতির এই পদ্ধতিটিকে সিমেন্স-মার্টিন ওপেন-হার্থ পদ্ধতিও বলা

ওপেন-হার্থ চুল্লী।

হয়। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত চুল্লীটি অগ্নিসহা ইষ্টকের দ্বারা নির্মিত এবং ইহার বাহিরের দিক ইস্পাতের পাত দ্বারা আবৃত। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কাস্ট আয়রনে

ফসফরাস বর্তমান না থাকিলে, এই চুল্লীর ভিতরের গাত্র সিলিকা দ্বারা আস্তরিত থাকে (অ্যাসিড পদ্ধতি) এবং কাষ্ট আয়রনে ফসফরাস বর্তমান থাকিলে ভিতরের গাত্র দগ্ধ ডলোমাইট বা ম্যাগনেসিয়া দ্বারা আস্তরিত থাকে (ক্ষারীয় পদ্ধতি)। চুল্লীর মেঝে বা হার্থ (hearth) বিরাট আয়তনের অগভীর রান্নার কড়াইয়ের মত এবং ইহার উপরের ছাদ অপেক্ষাকৃত নীচু। ইহার ফলে, উত্তপ্ত গ্যাসের প্রবাহ ছাদে প্রতিফলিত হইয়া চুল্লীর মেঝেতে গৃহীত গলিত কাষ্ট আয়রনকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে।

মারুত-চুল্লী হইতে গলিত কাষ্ট আয়রন সরাসরি ওপেন-হার্থ চুল্লীর মেঝেতে ঢালা হয় এবং উহার মধ্যে চূর্ণীকৃত হিমাটাইট ও অব্যবহার্য ইস্পাতের টুকরা (steel scrap) যুক্ত করা হয়। [কাষ্ট আয়রনে ফসফরাস বর্তমান থাকিলে এই সঙ্গে কিছু চুনাপাথরও যুক্ত করা হয়।] অতঃপর বায়ু ও প্রডিউসার গ্যাসের উত্তপ্ত মিশ্রণকে দহন করিয়া চুল্লীর তাপমাত্রা $1600^\circ - 1800^\circ C$ করা হয়। [চুল্লীর মেঝের দুইপার্শ্বে অগ্নিসহ মৃত্তিকার তৈরী দুইটি চেকার প্রকোষ্ঠ (chequer brickwork) থাকে। ইহাদের একটির ভিতর দিয়া প্রডিউসার গ্যাস ও অন্যটির ভিতর দিয়া চুল্লীর উত্তপ্ত গ্যাস পর্যায়ক্রমে প্রবাহিত করা হয়। ফলে, তাপ-পুনরুৎপাদন পদ্ধতিতে চুল্লীর তপ্ত গ্যাসের উত্তাপের দ্বারা প্রডিউসার গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করা হয়।]

চুল্লীর উচ্চ তাপমাত্রায় কাষ্ট আয়রনে বর্তমান অশুদ্ধিসমূহ (যথা, ম্যাঙ্গানীজ, সিলিকন, কার্বন, সালফার, ফসফরাস ইত্যাদি) প্রধানতঃ হিমাটাইট (ফেরিক অক্সাইড) দ্বারা ও অবশিষ্টাংশ বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা উহাদের অক্সাইডে পরিণত হইয়া উদ্বায়ী-গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া যায় বা ধাতুমল গঠন করে। উৎপন্ন ধাতুমল গলিত লৌহের উপর ভাসমান থাকে।

$2Fe_2O_3 + 3Si = 3SiO_2 + 4Fe$; $Fe_2O_3 + 3Mn = 3MnO + 2Fe$;
$2Fe_2O_3 + 3S = 3SO_2 + 4Fe$; $Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$;
$5Fe_2O_3 + 6P = 3P_2O_5 + 10\ Fe$.
$2C + O_2 = 2CO$; $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$; $MnO + SiO_2 = MnSiO_3$ (ধাতুমল) ;
$CaO + SiO_2 = CaSiO_3$ (ধাতুমল) ; $3CaO + P_2O_5 = Ca_3(PO_4)_2$ (ধাতুমল) ;
$2CaO + SO_2 + O_2 = 2CaSO_4$ (ধাতুমল)। [চুনাপাথরের বিযোজনে CaO উৎপন্ন হয়। ম্যাগনেসিয়ার (MgO) সহিতও অনুরূপ ধাতুমল গঠিত হয়।]

উৎপন্ন ধাতুমলকে সরাইয়া দিয়া গলিত লৌহে প্রয়োজন অনুযায়ী স্পাইজেল মিশানো হয়। স্পাইজেল গলিত আয়রনে দ্রবীভূত অক্সিজেন অপসারণ করিয়া উহাতে প্রয়োজনীয় ম্যাঙ্গানীজ ও কার্বন যুক্ত করে। [অনেক ক্ষেত্রে অক্সিজেন-অপসারক রূপে অল্প পরিমাণ অ্যালুমিনিয়াম বা ফেরো-সিলিকন যুক্ত করা হয়।]

বর্তমানে ওপেন-হার্থ পদ্ধতিতেই অধিকাংশ ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুত করিতে অধিকতর সময়ের প্রয়োজন হয় বটে, কিন্তু এই পদ্ধতিতে উন্নত মানের ইস্পাত প্রস্তুত সম্ভব হয়। এই প্রক্রিয়াটি ধীর-গতিতে সম্পন্ন হয় বলিয়া এখানে ইস্পাতের কার্বন ও অন্যান্য প্রয়োজনীয় দ্রব্যের পরিমাণ সঠিকভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায়।

*(f) ইস্পাত প্রস্তুতির বেসেমার পদ্ধতি এবং ওপেন-হার্থ পদ্ধতির তুলনা :

বেসেমার পদ্ধতি	ওপেন-হার্থ পদ্ধতি
(১) এই পদ্ধতিতে অতি সত্বর ইস্পাত প্রস্তুত করা যায়। বস্তুতঃ, 10—15 মিনিটের মধ্যে এই পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুত হয়।	(১) এই পদ্ধতিতে প্রস্তুতি মন্থর গতিতে সম্পন্ন হয় বাস্তব ক্ষেত্রে, এই পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুত করিতে 8—10 ঘণ্টা সময় লাগে।
(২) জ্বালানীর প্রয়োজন হয় না বলিয়া এই পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুত করিতে অপেক্ষাকৃত কম খরচ লাগে।	(২) জ্বালানীর প্রয়োজন হয় বলিয়া এই পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুত করা অধিকতর ব্যয়সাপেক্ষ।
(৩) এই পদ্ধতিতে ইস্পাত-প্রস্তুতি অতি সত্বর সম্পন্ন হয় বলিয়া উৎপন্ন পদার্থের নির্দিষ্ট সঠিক উপাদান সব সময় স্থির রাখা যায় না। ফলে, উৎকৃষ্ট মানের ইস্পাত ইহাতে প্রস্তুত করা অনেক সময় সম্ভবপর হয় না। উপরন্তু, ফসফরাসের ন্যায় কিছু কিছু অশুদ্ধিকে এই পদ্ধতিতে সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করা যায় না।	(৩) এই পদ্ধতিটি মন্থরগতিসম্পন্ন হওয়ায় ইহার সাহায্যে লৌহের অশুদ্ধিসমূহকে সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করা যায় এবং এই পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুতি চলাকালীন মাঝে মাঝে রাসায়নিক বিশ্লেষণের সাহায্যে উৎপন্ন পদার্থকে সঠিক ও নির্দিষ্ট সংযুতিসম্পন্ন করা সম্ভবপর হয়। ফলে, এই পদ্ধতিতে উন্নত মানের ইস্পাত প্রস্তুত করা যায়।
(৪) এই পদ্ধতিতে কেবলমাত্র নির্দিষ্ট মানের কাষ্ট আয়রন ব্যবহার করা যায়।	(৪) এই পদ্ধতিতে অতি নিম্নমানের কাষ্ট আয়রনও ব্যবহার করা যায়।
(৫) এই পদ্ধতিতে ইস্পাত প্রস্তুতিতে ইস্পাতের অব্যবহার্য ছাঁট বা টুকরা কাজে লাগে না।	(৫) অব্যবহার্য ইস্পাতের ছাঁট বা টুকরাও এই পদ্ধতিতে ব্যবহার করিয়া নির্দিষ্ট মানের ইস্পাত প্রস্তুত করা যায়। ফলে, বিভিন্ন শিল্পে যে-সকল ইস্পাতের ছাঁট বাতিল বলিয়া ফেলিয়া দেওয়া হয়, সেইগুলিও কাজে লাগে।

প্রশ্ন ১০। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির শিল্পোৎপাদন বর্ণনা কর :

(a) কস্টিক সোডা ; (b) সোডিয়াম কার্বনেট (সলভে পদ্ধতি) ; (c) ব্লিচিং পাউডার। ইহাদের প্রতিটির প্রধান প্রধান ব্যবহার লিখ।

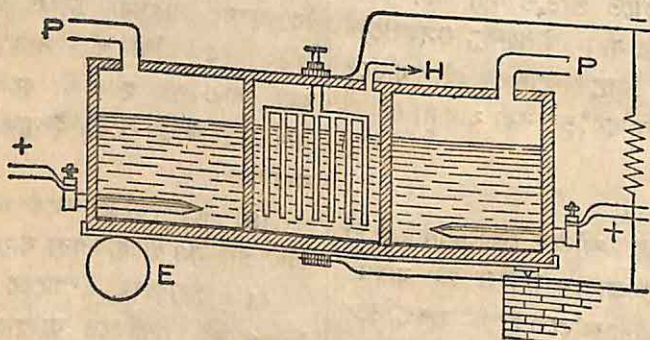
[How these compounds are produced in industry :

(a) Caustic soda (b) Sodium carbonate by Solvay process (c) Bleaching powder ?

State the important fields of application of the compounds.]

(a) **কস্টিক সোডার শিল্পোৎপাদন :**

সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট করিলে (দ্রবণে NaCl-এর মাত্রাধিক্যের জন্য) ক্যাথোডে ও অ্যানোডে যথাক্রমে সোডিয়াম ও ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম ধাতু দ্রবণের জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া NaOH ও H_2 গঠন করে। উৎপন্ন NaOH ও Cl_2 গ্যাস পরস্পরের সংস্পর্শে আসিয়া NaCl, NaOCl ও জল উৎপন্ন করিয়া কস্টিক সোডার উৎপাদন ব্যাহত করে : $2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaOCl + H_2O$. এই সম্ভাবনা দূর করিতে দুইটি বিভিন্ন পন্থা অবলম্বন করিয়া উৎপন্ন NaOH ও Cl_2 গ্যাসের মিলন নিবারিত করা হয়। ইহাদের একটি পদ্ধতি হইল **পারদ-সংকর পদ্ধতি**। এই পদ্ধতিতে কস্টিক সোডার শিল্পোৎপাদন নিম্নে বর্ণিত হইল :

পারদ-সংকর পদ্ধতি (Amalgam process) : সাধারণতঃ কাস্‌নার-কেল্‌নার (Castner-Kellner) পারদ-কোষে এই পদ্ধতিতে কস্টিক সোডার শিল্পোৎপাদন করা হয়। একটি চতুষ্কোণ লোহার পাত্রকে দুইটি স্লেটের পাত দিয়া তিনটি

কাস্‌নার-কেলনার সেল।

প্রকোষ্ঠে বিভক্ত করা হয়। স্লেটের পাতগুলি লৌহ-পাত্রের তলদেশ স্পর্শ না করিয়া উহার খাঁজ-কাটা অংশে ঝুলানো থাকে এবং পাত্রের তলদেশে অবস্থিত একটি পারদ-স্তরে উহারা নিমজ্জিত থাকে। বাহিরের প্রকোষ্ঠদ্বয়ে দুইটি মোটা গ্র্যাফাইটদণ্ড অ্যানোড-রূপে সংলগ্ন থাকে এবং মধ্যের প্রকোষ্ঠে কয়েকটি লৌহদণ্ড ক্যাথোড-রূপে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। লৌহ-পাত্রের তলদেশে অবস্থিত পারদ-স্তরটিকে এই

ক্যাথোডের সঙ্গে যুক্ত করা হয় এবং ফলে, পারদ-স্তরও ক্যাথোডরূপে কার্য করে। বাহিরের প্রকোষ্ঠদ্বয়ে গাঢ় সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ এবং মধ্যের প্রকোষ্ঠে জল ভর্তি করা হয়। এই অবস্থায় ক্যাথোড ও অ্যানোডের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে NaCl বিশ্লিষ্ট হইয়া Cl_2 গ্যাস নির্গম-নল-(P, P) দিয়া বাহির হইয়া যায় এবং পারদ-স্তরে সোডিয়াম ধাতু নির্মুক্ত হইয়া পারদ-সংকর গঠন করে: $NaCl = Na^+ + Cl^-$; $Na^+ + e \rightarrow Na$ (ক্যাথোডে); $Cl^- - e \rightarrow [Cl]$; $2(Cl) \rightarrow Cl_2 \uparrow$ (অ্যানোডে) ; $Na + xHg = NaHg_x$ (ক্যাথোডে পারদ-সংকর গঠন)। তড়িৎ-কোষের নীচে লাগানো একটি চাকার (E) সাহায্যে উহাকে এমনভাবে নাড়ানো হয় যাহাতে পারদ-স্তর এক প্রকোষ্ঠে হইতে অন্য প্রকোষ্ঠে যাতায়াত করিতে পারে। পারদ-স্তর যখন মধ্যবর্তী প্রকোষ্ঠে উপস্থিত হয়, তখন জলের সংস্পর্শে NaOH ও H_2 উৎপন্ন হয়: $2NaHg_x + 2H_2O = 2NaOH + H_2 + 2xHg$, এই প্রকোষ্ঠের নির্গম-নল দিয়া হাইড্রোজেন বাহির হইয়া যায় (উপরের চিত্র দ্রষ্টব্য)। মধ্যবর্তী প্রকোষ্ঠে উৎপন্ন NaOH দ্রবণের মাত্রা যখন প্রায় 40% হয়, তখন উহাকে বাহির করিয়া লইয়া তাপ-প্রয়োগে শুষ্ক ও বিগলিত করিয়া দণ্ড বা টুকরার আকার দেওয়া হয়।

কস্টিক সোডার ব্যবহার: সাবান, রং, কৃত্রিম সিল্ক (রেয়ন) ও কাগজ প্রস্তুতিতে, তুলাজাত বস্ত্রশিল্পে ও পেট্রোলিয়াম পরিশোধনে কস্টিক সোডা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ধাতব সোডিয়াম নিষ্কাশনে, অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক বক্সাইটের পরিশোধনে, তৈলাক্ত যন্ত্রাংশ ও ধাতুর পাত পরিষ্কার করিতে ও ল্যাবরেটরিতে বিকারকরূপেও কস্টিক সোডা ব্যবহৃত হয়।

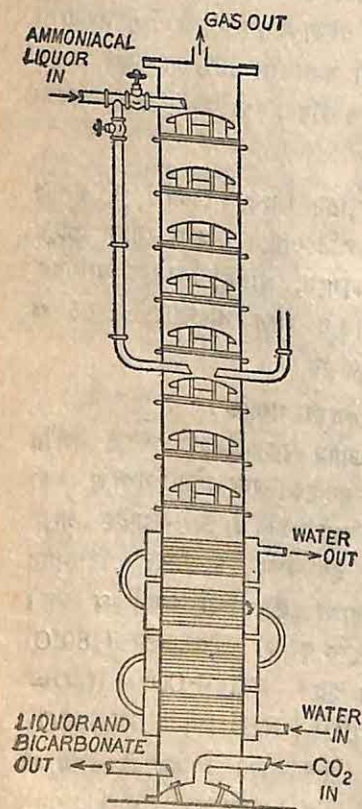
(b) **সোডিয়াম কার্বনেটের শিল্পোৎপাদন: সল্‌ভে পদ্ধতি:**

সল্‌ভে পদ্ধতির রাসায়নিক নীতি: সোডিয়াম ক্লোরাইডের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণে (ব্রাইন) অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষিত করিয়া দ্রবণকে অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত করা হয়। অ্যামোনিয়া-যুক্ত ব্রাইন দ্রবণের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে দ্রবণে NH_4HCO_3 উৎপন্ন হয় এবং দ্বি-পরিবর্ত বিক্রিয়ায় সোডিয়াম বাই-কার্বনেট গঠিত হয় এবং স্বল্প দ্রাব্যতা হেতু উহা অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষিপ্ত সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে পরিস্রুত ও শুষ্ক করিয়া তাপপ্রভাবে (180°C) বিযোজিত করিলে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। $NH_3 + CO_2 + H_2O = NH_4HCO_3$; $NH_4HCO_3 + NaCl = NaHCO_3 + NH_4Cl$; $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 \uparrow + H_2O \uparrow$. উপরোক্ত দ্বি-পরিবর্ত বিক্রিয়াটি উভমুখী হওয়ায় এই পদ্ধতিতে গৃহীত NaCl-এর প্রায় 66% সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিবর্তিত হয়।

পদ্ধতি (i) সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্তি: এই পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির প্রথম পর্বে, গাঢ় সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণকে (ব্রাইন)

অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা সম্পৃক্ত করা হয়। [খনিজ সোডিয়াম ক্লোরাইডের স্তর হইতে দ্রবীভূত করিয়া বা সমুদ্র-জল হইতে সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুতির চৌবাচ্চা হইতে এই ব্রাইন সংগ্রহ করা হয়।] একটি উল্লম্ব লৌহ-স্তম্ভের উপরের দিকে সংযুক্ত নলের মাধ্যমে ব্রাইন-দ্রবণ ধীরে ধীরে স্তম্ভের ভিতরে প্রবেশ করানো হয় এবং স্তম্ভের নীচের দিকে সংযুক্ত একটি নলের মাধ্যমে এই দ্রবণের ভিতর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস পাঠানো হয়। লৌহস্তম্ভের ভিতরে কতকগুলি লোহার পাত অনুভূমিকভাবে তাকের মত লাগাইয়া উহাকে কয়েকটি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত করা থাকে। প্রতিটি লোহার তাকের মাঝখানে একটি বড় ছিদ্র থাকে এবং ছিদ্রটি ব্যাঙের ছাতার ন্যায় গোলাকার সছিদ্র ঢাকনী দ্বারা আবৃত থাকে। অ্যামোনিয়া গ্যাস এই সছিদ্র ঢাকনীর ভিতর দিয়া ছোট ছোট বুদ্‌বুদের আকারে উপরের দিকে উঠিয়া লবণ-জলে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয় এবং উহাকে সম্পৃক্ত করে। এই সময়ে দ্রবণের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। দ্রবণের তাপমাত্রাকে $50°-60°$ এর মধ্যে রাখিবার জন্য স্তম্ভের ভিতর দিয়া নলের সাহায্যে ঠাণ্ডা জল প্রবাহিত করা হয়। এইরূপে অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা লবণ-জলকে সম্পৃক্ত করিয়া উহাকে কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে দ্রবণস্থ ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রন লবণ উহাদের হাইড্রক্সাইড যৌগরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। উহাদিগকে ছাঁকিয়া পৃথক্ করা হয় এবং পরিস্রুত দ্রবণকে পরবর্তী পর্বে ব্যবহার করা হয়।

সলভে পদ্ধতিতে Na_2CO_3 প্রস্তুতি।

(ii) **অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণ-জলের অঙ্গারাম্লীকরণ ঃ** সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির দ্বিতীয় পর্ব হইল, সলভে স্তম্ভে অ্যামোনিয়া-কৃত সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের অঙ্গারাম্লীকরণ। সলভে স্তম্ভ লৌহপাতের নির্মিত একটি সু-উচ্চ স্তম্ভ। ইহার ভিতরটি লোহার পাতের তাক দ্বারা কতকগুলি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত। প্রতিটি লোহার তাকের মধ্যস্থলে একটি বড় ছিদ্র ব্যাঙের ছাতার ন্যায় গোলাকার সচ্ছিদ্র ঢাকনী দ্বারা আবৃত (পার্শ্বের চিত্র দ্রষ্টব্য)। স্তম্ভের উপরের দিকে সংযুক্ত একটি নলের ভিতর দিয়া অ্যামোনিয়া-যুক্ত ব্রাইন দ্রবণ 30°C তাপমাত্রায় ধীরে ধীরে স্তম্ভের ভিতরে প্রবেশ করানো হয় এবং স্তম্ভের নীচের দিকে সংযুক্ত ঝাঁঝরি-যুক্ত একটি নলের ভিতর দিয়া

2-5 বায়ু-চাপে CO_2 গ্যাস দ্রবণের ভিতরে প্রবেশ করানো হয়। [নিকটবর্তী কোন চুনাভাটি হইতে CO_2 সংগ্রহ করা হয়।] স্তম্ভের ভিতরে নিম্নগামী দ্রবণের সহিত সূক্ষ্ম বুদ্বুদের আকারের কার্বন ডাই-অক্সাইডের নিবিড় সংস্পর্শে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং লবণটির স্বল্প-দ্রাব্যতা হেতু ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কেলাসের আকারে উহা দ্রবণে প্রলম্বিত থাকে। ঘূর্ণায়মান ফেল্ট-কাপড়ের পরিস্রাবকের সাহায্যে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে ছাঁকিয়া লইয়া পৃথক্ করা হয় এবং পরে উহাকে 180°—200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ও বিযোজিত করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা হয়। (উৎপন্ন CO_2 গ্যাসকে পুনরায় সল্‌ভে স্তম্ভে ব্যবহার করা হয়।)

[অ্যামোনিয়া-যুক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের সহিত CO_2-এর বিক্রিয়ার কালে দ্রবণের উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়। দ্রবণের তাপমাত্রাকে 30°C-এর কাছাকাছি রাখিবার জন্য সল্‌ভে স্তম্ভের নীচের অংশে বাহিরের দিকে কুণ্ডলীকৃত নলের ভিতর দিয়া ঠাণ্ডা জল প্রবাহিত করা হয়।]

সোডিয়াম কার্বনেটের ব্যবহার ঃ সাবান ও কস্টিক সোডা প্রস্তুতিতে ও কাচশিল্পে সোডিয়াম কার্বনেট প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। বস্ত্রাদি ধৌত করিতে, খরজল মৃদু করিতে, অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রেও সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহার করা হয়। সোডিয়ামের অনেক যৌগও সোডিয়াম কার্বনেট হইতে প্রস্তুত করা হয়। পরীক্ষাগারে বিকারক-রূপে ও রাসায়নিক বিশ্লেষণে সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহার করা হয়।

(c) ব্লিচিং পাউডারের শিল্পোৎপাদন ঃ

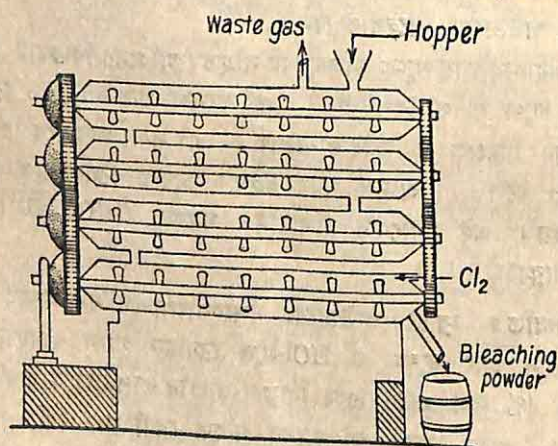
40°C তাপমাত্রায় প্রায়-শুষ্ক কলিচুনের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় সাদা চূর্ণের আকারে একটি শুষ্ক পদার্থ উৎপন্ন হয়। এই পদার্থে প্রায় 35-36% ক্লোরিন থাকে এবং ইহা উত্তম বিরঞ্জক ও জীবাণু-নাশক। এই সাদা পদার্থকে বিরঞ্জক চূর্ণ বা ব্লিচিং পাউডার বলে। [অনেক সময় ইহাকে চুনের ক্লোরাইডও (chloride of lime) বলা হয়। এই পদার্থের রাসায়নিক সংকেত $Ca(OCl)Cl$ (ক্যালসিয়াম ক্লোরো-হাইপোক্লোরাইট)।

প্রস্তুতি পদ্ধতি ঃ ব্লিচিং পাউডারের শিল্পোৎপাদনে যথা-সম্ভব বিশুদ্ধ ও চূর্ণীকৃত কলিচুন এবং শুষ্ক ও HCl-মুক্ত ক্লোরিন গ্যাস ব্যবহার করা হয়। কলিচুনে প্রায় 4% জল থাকা এবং বিক্রিয়া-কালীন তাপমাত্রাকে অনধিক 40°C-এ রাখা প্রয়োজন। কারণ, শুষ্ক কলিচুনের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়া হয় না এবং উচ্চতর তাপমাত্রায় ব্লিচিং পাউডার উৎপন্ন হয় না।

সাধারণতঃ দুইটি বিভিন্ন পদ্ধতিতে ব্লিচিং পাউডারের শিল্পোৎপাদন করা হয়। যথা ঃ (i) ক্লোরিন-কক্ষ পদ্ধতি ও (ii) হেজেনক্লেভার পদ্ধতি।

(i) **ক্লোরিন-কক্ষ পদ্ধতি ঃ** কাষ্ঠনির্মিত ও সীসার পাতদ্বারা ভিতরের গাত্র আস্তরিত করা বড় বড় বদ্ধ প্রকোষ্ঠের মেঝেতে 2″-3″ পুরু করিয়া কলিচুন ছড়াইয়া রাখা হয়। প্রকোষ্ঠের উপরের দিকে অবস্থিত একটি নলের সাহায্যে শুষ্ক ক্লোরিন প্রকোষ্ঠের ভিতরে পাঠানো হয়। বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস বলিয়া ক্লোরিন প্রকোষ্ঠের

মেঝের দিকে নামিয়া আসে এবং অতি দ্রুত কলিচুন দ্বারা শোষিত হয়। ক্লোরিন প্রবাহিত করিবার সময় মাঝে মাঝে কলিচুনকে কাঠের হাতল দিয়া আলোড়িত করা হয়। প্রকোষ্ঠে গৃহীত কলিচুনের জন্য যতখানি পরিমাণ ক্লোরিন প্রয়োজন, তাহা অপেক্ষা খুব বেশী ক্লোরিন প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করানো হয় না এবং বিক্রিয়া-কক্ষের তাপমাত্রা 25° – 40°C-এর মধ্যে রাখা হয়। অতঃপর প্রকোষ্ঠগুলিকে প্রায় 24 ঘন্টা বন্ধ করিয়া রাখা হয়। ইহাতে কলিচুনের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়া সমাপ্ত হয়। বিক্রিয়ার শেষে প্রকোষ্ঠের ভিতরে অল্প পরিমাণ কলিচুনের গুড়া ধূলার ন্যায় ছিটাইয়া দেওয়া হয় এবং অবিকৃত ক্লোরিনকে বায়ু-প্রবাহের দ্বারা বাহির করিয়া দেওয়া হয়। উৎপন্ন ব্লিচিং পাউডারকে মেঝে হইতে সংগ্রহ করিয়া বন্ধ পাত্রে সংরক্ষিত করা হয়।

(ii) **হেজেনক্লেভার পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে একটি বিশেষ ধরনের যন্ত্রে (নিম্নের চিত্র দ্রষ্টব্য) ক্লোরিন গ্যাসকে কলিচুনে শোষিত করিয়া ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুত করা হয়। এই যন্ত্রে, একটি লোহার ফ্রেমে কয়েকটি অনুভূমিক প্রশস্ত লোহার সিলিন্ডার উপরে-নীচে সাজানো থাকে। প্রতিটি সিলিণ্ডারের ভিতরে আড়াআড়ি ভাবে আলোড়ক সংযুক্ত। পর পর দুইটি সিলিণ্ডার উপরে ও নীচে দুইটি নলের সাহায্যে পরস্পরে যুক্ত থাকে। সর্বাপেক্ষা উপরের সিলিণ্ডারে হপারের সাহায্যে কলিচুন ঢালা হয় এবং আলোড়কগুলিকে ধীরে ধীরে চালানো হয় এবং সর্বনিম্নস্থ সিলিন্ডারে সংযুক্ত

ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতি : হেজেনক্লেভার পদ্ধতি।

একটি আগম-নলের মাধ্যমে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। আলোড়কের ঘূর্ণনের সঙ্গে সঙ্গে কলিচুন সিলিণ্ডারের এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে যায় এবং ঐ প্রান্তে সংযুক্ত নলের ভিতর দিয়া নিম্নস্থ সিলিণ্ডারে প্রবেশ করে। কলিচুন যেদিকে যায়, ক্লোরিন গ্যাস তাহার বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয় এবং ঐ সিলিন্ডারের কলিচুন দ্বারা শোষিত হইয়া অবশিষ্টাংশ উচ্চতর সিলিণ্ডারে প্রবেশ করে। এইরূপে ক্লোরিন ও কলিচুনের নিবিড় সংস্পর্শ ঘটে এবং ব্লিচিং পাউডার গঠিত হয়। [সিলিণ্ডারগুলির

তাপমাত্রা 40°C-এর নিচে রাখা হয়।] সর্বনিম্ন সিলিন্ডারের নির্গম-পথ দিয়া ব্লিচিং পাউডার বাহির করিয়া লওয়া হয় ও পিপেতে সংরক্ষিত করা হয়।

ব্লিচিং পাউডারের ব্যবহার : কাগজ ও সূতীবস্ত্র বিরঞ্জিত করিতে প্রচুর পরিমাণ ব্লিচিং পাউডার ব্যবহৃত হয়। জারক পদার্থরূপে, বীজাণু-নাশক ও দুর্গন্ধ-নিবারকরূপে এবং পানীয় জল বিশুদ্ধিকরণেও ব্লিচিং পাউডার ব্যবহার করা হয়। ক্লোরিন ও ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতিতে ব্লিচিং পাউডার প্রয়োজন হয়।

প্রশ্ন ১১। কি ঘটে, যখন

(a) কপার সালফেট দ্রবণে একটি জিংকদন্ড ডুবানো হয় ?

(b) মার্কিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে একটি অ্যালুমিনিয়াম-দন্ড ডুবানো হয় ?

(c) অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণ ও ফেরিক অক্সাইডের মিশ্রণকে একটি ম্যাগনেসিয়াম তার দ্বারা প্রজ্বলিত করা হয় ?

(d) কপার সালফেট দ্রবণে একটি আয়রন-দন্ড ডুবানো হয় ?

(e) নিম্ন তাপমাত্রায় একটি পরীক্ষানলে রক্ষিত সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণে পরীক্ষানলের গাত্র দিয়া ধীরে ধীরে ফেরাস সালফেট দ্রবণ মিশানো হয় ?

(f) বক্সাইট-চূর্ণের সহিত কস্টিক সোডা দ্রবণ মিশাইয়া মিশ্রণকে উচ্চ চাপে উত্তপ্ত করা হয় এবং উৎপন্ন মিশ্রণকে ঠান্ডা করিয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড সহ পুনরায় উত্তপ্ত করা হয় ?

(g) কস্টিক সোডা দ্রবণে জিংক-চূর্ণ মিশানো হয় ?

(h) অ্যালুমিনাকে ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণ-সহ উত্তপ্ত করা হয় এবং উৎপন্ন দ্রবণকে ঠান্ডা ও জল দ্বারা লঘু করিয়া উহাতে সদ্য-অধঃক্ষিপ্ত $Al(OH)_3$ মিশানো হয় ?

(i) সোডিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণে জিংক-ধূলি ও কস্টিক সোডা মিশাইয়া মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করা হয় ?

(j) ফেরিক ক্লোরাইড ও অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের মিশ্রণে ধীরে ধীরে কস্টিক সোডা দ্রবণ মিশানো হয় ?

(k) প্রশম পরিবেশে চুন ও কার্বন-চূর্ণের মিশ্রণকে তীব্র ভাবে উত্তপ্ত করা হয় ?

(l) ফেরিক অক্সাইড ও কার্বন-চূর্ণের উত্তপ্ত মিশ্রণের ভিতর দিয়া শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করা হয় ?

(m) নিম্ন তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্ত ব্রাইনের দ্রবণের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করা হয় ?

[What happens, when

(a) Zinc rod is placed in a solution of copper sulphate ?

(b) Aluminium rod is placed in mercuric chloride solution ?

(c) A mixture of aluminium powder and ferric oxide is ignited with a magnesium ribbon ?

(d) Iron rod is placed in copper sulphate solution ?

(e) Ferrous sulphate solution is added through the side of a testtube containing sodium nitrate solution and concentrated H_2SO_4 at low temperature ?

(f) Caustic soda solution is added to bauxite and heated under pressure ; the resulting mixture is cooled and boiled with ammonium chloride ?

(g) Powdered zinc is added to caustic soda solution ?

(h) Alumina is boiled with caustic soda solution the mixture is cooled, diluted with water and then freshly precipitated $Al(OH)_3$ is added to it ?

(i) To a solution of sodium nitrate, zinc dust and caustic soda are added and warmed ?

(j) Caustic soda solution is gradually added to a mixture of ferric chloride and aluminium chloride solution ?

(k) A mixture of quicklime and carbon is strongly heated in neutral atmosphere ?

(l) Dry chlorine is passed through a heated mixture of ferric oxide and carbon ?

(m) Carbon dioxide is passed through brine solution saturated with ammonia, at low temperature ?]

উত্তর। (a) সবুজাভ নীলবর্ণের কপার সালফেট দ্রবণে একটি জিংক-দণ্ড ডুবাইলে, জিংক-দণ্ডটি ধীরে ধীরে ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ ক্রমশঃ বর্ণহীন হয় ও দ্রবণের তলদেশে লাল চূর্ণের আকারে একটি অধঃক্ষেপ পড়ে। জিংক ধাতু কপার সালফেট হইতে কপারকে ধাতুরূপে প্রতিস্থাপিত করিয়া নিজে জিংক সালফেট রূপে দ্রবীভূত হয়ঃ

$$CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu \downarrow.$$

(b) মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে একটি অ্যালুমিনিয়াম দণ্ড ডুবাইলে অ্যালুমিনিয়াম দ্রবীভূত হয় এবং ধাতব মার্কারী মুক্ত হয়। মার্কারী ধাতু অ্যালুমিনিয়ামের সহিত ধাতু-সংকর বা অ্যামালগাম গঠন করিয়া উহাকে দ্রুত ক্ষয় করেঃ

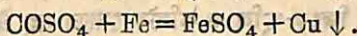
$$3HgCl_2 + 2Al = 2AlCl_3 + 3Hg$$

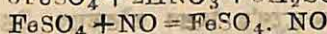
$$Al + Hg \longrightarrow Al.Hg$$ ধাতু-সংকর।

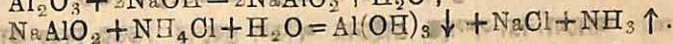
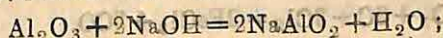
(c) অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণ ও ফেরিক অক্সাইডের মিশ্রণকে একটি ম্যাগনেসিয়ামের তারের সাহায্যে প্রজ্বলিত করিলে তীব্র বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম ধাতু ফেরিক অক্সাইডকে ধাতব আয়রনে বিজারিত করে এবং নিজে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডরূপে জারিত হয়। এই বিক্রিয়ায় এত তাপ উৎপন্ন হয় যে নিমুক্ত আয়রন গলিয়া যায়। এই পদ্ধতিতে Fe_2O_3-এর বিজারণকে থার্মিট পদ্ধতি বলে।

$$Fe_2O_3 + 2Al = Al_2O_3 + 2Fe.$$

(d) কপার সালফেটের সবুজাভ নীলবর্ণের দ্রবণে একটি আয়রন-দণ্ড ডুবাইলে আয়রণ ধীরে ধীরে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়, দ্রবণ ক্রমশঃ বর্ণহীন হয় এবং আয়রন-দণ্ডের উপর একটি আস্তরণ পড়ে। আয়রন কপার সালফেটকে উহার দ্রবণ হইতে প্রতিস্থাপিত করিয়া ধাতব কপাররূপে নির্মুক্ত করে ও নিজে ফেরাস সালফেটরূপে দ্রবীভূত হয়ঃ

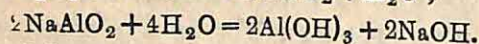
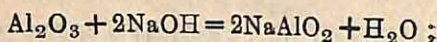
$$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu \downarrow.$$

(e) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের শীতল মিশ্রণকে একটি পরীক্ষানলে লইয়া উহার গাত্র বাহিয়া ধীরে ধীরে ফেরাস সালফেট দ্রবণ ঢালিলে বর্ণহীন দ্রবণ হাল্কা-হলুদ বর্ণ ধারণ করে এবং দুইটি তরলের বিভেদ-তলে ঘন বাদামী বর্ণের একটি বলয় উৎপন্ন হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড সোডিয়াম নাইট্রেট হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে জারিত করে ও নিজে নাইট্রিক অক্সাইডরূপে বিজারিত হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড উদ্বৃত্ত ফেরাস সালফেটের সহিত ঘন বাদামীবর্ণের যুত-যৌগ নাইট্রোসো ফেরাস সালফেট ($FeSO_4.NO$) গঠন করে। বাদামী বর্ণের বলয়টি এই যুত-যৌগ গঠনের ফল। ইহাই নাইট্রেটের সনাক্তকরণের 'বলয় পরীক্ষা' (Ring test)।

$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$
$$6FeSO_4 + 2HNO_3 + 3H_2SO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 2NO.$$
$$FeSO_4 + NO = FeSO_4.\ NO$$

(f) বক্সাইট-চূর্ণের (অবিশুদ্ধ $Al_2O_3.2H_2O$) সহিত কষ্টিক সোডা দ্রবণ মিশাইয়া মিশ্রণকে উচ্চ চাপে উত্তপ্ত করিলে উহার Al_2O_3 দ্রবীভূত হইয়া সোডিয়াম অ্যালুমিনেট ($NaAlO_2$) গঠন করে। উৎপন্ন মিশ্রণকে ঠাণ্ডা করিয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড সহ পুনরায় উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া সাদা থকথকে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয় ; দ্রবণে সোডিয়াম ক্লোরাইডও গঠিত হয়ঃ

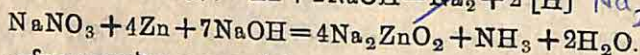
$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O\ ;$$
$$NaAlO_2 + NH_4Cl + H_2O = Al(OH)_3 \downarrow + NaCl + NH_3 \uparrow.$$

(g) কষ্টিক সোডা দ্রবণে জিংক-চূর্ণ মিশাইলে উহা দ্রুতগতিতে দ্রবীভূত হয় এবং একটি বর্ণহীন ও গন্ধহীন গ্যাস উৎপন্ন হয়। জিংক কষ্টিক সোডা-দ্রবণের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করিয়া দ্রবণীয় সোডিয়াম জিংকেট (বর্ণহীন) ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করেঃ $Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_4 + H_2 \uparrow.$

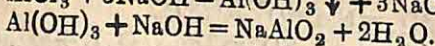
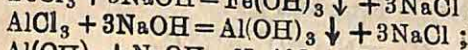
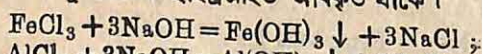
(সোডিয়াম জিংকেট)

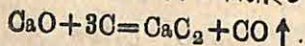
(h) অ্যালুমিনাকে (Al_2O_3) ঘন কষ্টিক সোডা দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করিলে উহা সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হইয়া দ্রবীভূত হয়। উৎপন্ন দ্রবণকে ঠাণ্ডা করিয়া ও জল দ্বারা লঘু করিয়া উহাতে সদ্য-অধঃক্ষিপ্ত $Al(OH)_3$ মিশাইয়া উত্তমরূপে আলোড়িত করিলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া সাদা থকথকে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ গঠন করে।

$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O ;$$
$$2NaAlO_2 + 4H_2O = 2Al(OH)_3 + 2NaOH.$$

[এই বিক্রিয়ায় জলই আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটায় ; মিশ্রিত $Al(OH)_3$ অধঃক্ষেপ গঠনে সহায়তা করে।]

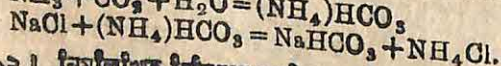
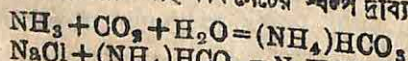
(i) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণকে জিংক-ধূলি ও কস্টিক সোডা সহ উত্তপ্ত করিলে নাইট্রেট বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়া গঠিত হয়। জিংকের সহিত কস্টিক সোডা দ্রবণের বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়, তাহা জায়মান অবস্থায় নাইট্রেটকে অ্যামোনিয়ারূপে বিজারিত করে। $Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2[H]$

$$NaNO_3 + 4Zn + 7NaOH = 4Na_2ZnO_2 + NH_3 + 2H_2O.$$

(j) ফেরিক ক্লোরাইড ও অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের মিশ্রণের মধ্যে ধীরে ধীরে কস্টিক সোডা দ্রবণ যুক্ত করিলে প্রথমে ফেরিক হাইড্রক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের মিশ্রণ অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই মিশ্রণে অতিরিক্ত পরিমাণে কস্টিক সোডা দ্রবণ মিশাইলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড সোডিয়াম অ্যালুমিনেট গঠন করিয়া দ্রবীভূত হয়, কিন্তু ফেরিক হাইড্রক্সাইড অবিকৃত থাকে।

$$FeCl_3 + 3NaOH = Fe(OH)_3 \downarrow + 3NaCl ;$$
$$AlCl_3 + 3NaOH = Al(OH)_3 \downarrow + 3NaCl ;$$
$$Al(OH)_3 + NaOH = NaAlO_2 + 2H_2O.$$

(k) প্রশম পরিবেশে চুন ও কার্বন-চূর্ণের মিশ্রণ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম কার্বাইড ও কার্বন মনক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO \uparrow .$$

(l) ফেরিক অক্সাইড ও কার্বন-চূর্ণের উত্তপ্ত মিশ্রণের ভিতর দিয়া শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড [illegible] র্বন মনক্সাইড উৎপন্ন হয়। অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড প্রযুক্ত তাপমাত্রায় উদ্বায়ী হইয়া কার্বন মনক্সাইডের সহিত বাহির হইয়া যায়। গ্যাসীয় মিশ্রণটিকে ঠাণ্ডা করিলে অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইডের কেলাস পাওয়া যায়। $Fe_2O_3 + 3C + 3Cl_2 = 2FeCl_3 + 3CO.$

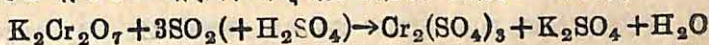
m) অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত ব্রাইনের শীতল দ্রবণের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের সাদা কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়। প্রথমে CO_2 অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ গঠন করে। পরবর্তী পর্যায়ে, সোডিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেটের বিপরিবর্ত বিক্রিয়ায় সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠিত হয়। শীতল জলে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের স্বল্প দ্রাব্যতার জন্য উহা অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$NH_3 + CO_2 + H_2O = (NH_4)HCO_3$$
$$NaCl + (NH_4)HCO_3 = NaHCO_3 + NH_4Cl.$$

প্রশ্ন ১২। নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সমীকরণগুলিকে জারণ-সংখ্যা পদ্ধতিতে ব্যালান্স কর : [Balance the following equations through oxidation number method :]

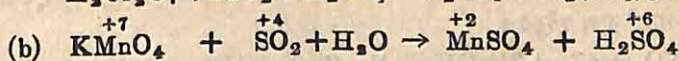
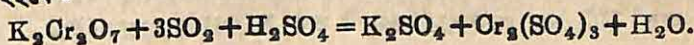
(a) $K_2Cr_2O_7+SO_2+H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$
(b) $KMnO_4+SO_2+H_2O \rightarrow K_2SO_4+MnSO_4$
(c) $FeCl_3+SnCl_2 \rightarrow FeCl_2+SnCl_4$
(d) $FeS_2+O_2 \rightarrow Fe_2O_3+SO_2$
(e) $NaNO_3+Zn+NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2+NH_3+H_2O$
(f) $CuSO_4+KI \rightarrow Cu_2I_2+I_2+K_2SO_4$.

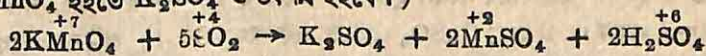
উত্তর। (a) $K_2\overset{+6}{Cr}_2O_7+\overset{+4}{S}O_2+H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4+\overset{+3}{Cr}(SO_4)_3+H_2O$.

এই বিক্রিয়ায় $K_2Cr_2O_7$ জারক ও SO বিজারক। $K_2Cr_2O_7$ যৌগ বিজারিত হইয়া $Cr_2(SO_4)_3$-তে এবং SO_2 জারিত হইয়া সালফেটে পরিণত হইয়াছে। $K_2Cr_2O_7$-এ Cr-এর জারণ-সংখ্যা $= +6$ এবং $Cr_2(SO_4)_3$-তে উহার জারণ-সংখ্যা $= +3$. SO_2-এ S-এর জারণ-সংখ্যা $= +4$ এবং সালফেটে সালফারের জারণ-সংখ্যা $+6$. এই বিক্রিয়ায় জারকের মূল পরমাণু Cr-এর প্রতিটির জারণ-সংখ্যার হ্রাস$=3$ একক ও বিজারকের মূল অণু S-এর জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি$=2$ একক। $K_2Cr_2O_7$ অণুতে 2টি Cr পরমাণু বর্তমান। অতএব প্রতি অণু ডাইক্রোমেটের Cr-এর জারণ-সংখ্যা হ্রাস$=2\times3=6$ একক। অতএব, $K_2Cr_2O_7$ ও SO_2 অণুদ্বয় 2 : 6 বা 1 : 3 আণবিক অনুপাতে বিক্রিয়া করিবে। অর্থাৎ,

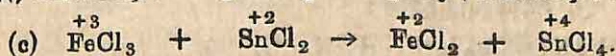
$$K_2Cr_2O_7+3SO_2(+H_2SO_4) \rightarrow Cr_2(SO_4)_3+K_2SO_4+H_2O$$

এক্ষণে 1 অণু $Cr_2(SO_4)_3$-এর জন্য 3টি $SO_4^{=}$ মূলক ও 1 অণু K_2SO_4-এর জন্য 1টি $SO_4^{=}$ মূলক, অর্থাৎ মোট 4টি $SO_4^{=}$ মূলক প্রয়োজন। ইহার মধ্যে 3টি SO_2 অণু 3টি $SO_4^{=}$ মূলক গঠন করিবে। অতএব, অপর একটি $SO_4^{=}$ মূলকের জন্য 1 অণু H_2SO_4 বিকারক প্রয়োজন হইবে। অর্থাৎ, বিক্রিয়ার সম্পূর্ণ সমীকরণ হইবে :

$$K_2Cr_2O_7+3SO_2+H_2SO_4=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O.$$

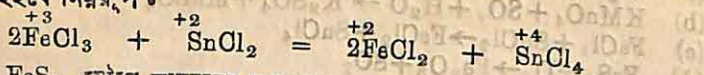
(b) $K\overset{+7}{Mn}O_4 + \overset{+4}{S}O_2+H_2O \rightarrow \overset{+2}{Mn}SO_4 + H_2\overset{+6}{S}O_4$

Mn-এর জারণ সংখ্যার হ্রাস$=-5$ ও S-এর জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি$=+2$ অতএব, $KMnO_4$ ও SO_2 2 : 5 আণবিক অনুপাতে বিক্রিয়া করিবে। (এই বিক্রিয়ার $KMnO_4$ হইতে K_2SO_4 ও উৎপন্ন হইবে।)

$$2K\overset{+7}{Mn}O_4 + 5\overset{+4}{S}O_2 \rightarrow K_2SO_4 + 2\overset{+2}{Mn}SO_4 + 2H_2\overset{+6}{S}O_4$$

(5টি H_2SO_4 উৎপন্ন হইবার পর উহাদের তিনটি ব্যবহৃত হয় K_2SO_4 ও $2MnSO_4$ প্রস্তুতিতে। অতএব, দুইটি মুক্ত H_2SO_4 অণু অবশিষ্ট থাকে।)

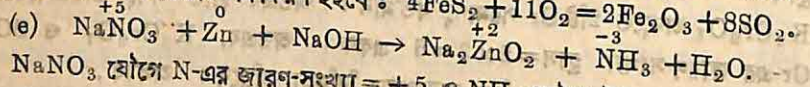
উৎপন্ন H_2SO_4 অণুর হাইড্রোজেন পাওয়া যায় জারকের জলীয় দ্রবণ হইতে। দুই অণু H_2SO_4-এর জন্য দুই অণু জল প্রয়োজন। অতএব, সম্পূর্ণ সমীকরণটি হইবে, $2K\overset{+7}{Mn}O_4+5\overset{+4}{S}O_2+2H_2O=K_2SO_4+2\overset{+2}{Mn}SO_4+2H_2\overset{+6}{S}O_4$.

(c) $\overset{+3}{Fe}Cl_3 + \overset{+2}{Sn}Cl_2 \rightarrow \overset{+2}{Fe}Cl_2 + \overset{+4}{Sn}Cl_4$.

বিক্রিয়ায় Fe-এর জারণ-সংখ্যার হ্রাস$=-1$ ও Sn-এর জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি$=+2$.

অতএব, $FeCl_3$ ও $SnCl_2$ 2 : 1 আণবিক অনুপাতে বিক্রিয়া করিবে। বিক্রিয়ার সমীকরণ হইবে নিম্নরূপ :

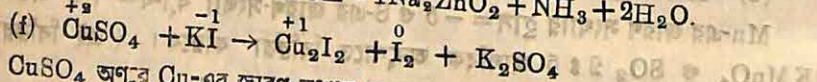
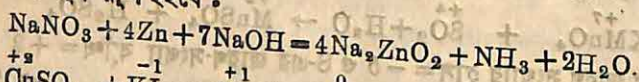
$$2\overset{+3}{Fe}Cl_3 + \overset{+2}{Sn}Cl_2 = 2\overset{+2}{Fe}Cl_2 + \overset{+4}{Sn}Cl_4$$

(d) FeS_2 যৌগে আয়রনের জারণ-সংখ্যা = +2 এবং ডাই-সালফাইড আয়নের (S_2^{2-}) জারণ-সংখ্যা = −2 অতএব, ডাই-সালফাইড আয়নের প্রতিটি S-পরমাণুর জারণ-সংখ্যা = 1 ; অক্সিজেন বিজারিত হইয়া অক্সাইড আয়নে পরিণত হইয়াছে। অক্সাইড আয়নে অক্সিজেন পরমাণুর জারণ-সংখ্যা = −2.

উৎপন্ন Fe_2O_3 যৌগে Fe-এর জারণ সংখ্যা = +3 এবং SO_2 যৌগে S-এর জারণ-সংখ্যা = +4. এই বিক্রিয়ায় বিজারকের পরমাণু-সমূহের জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি = আয়রনের 1 একক + 2টি সালফার পরমাণুর 2×5 = 10 একক ; অর্থাৎ, মোট 11 একক। অপরপক্ষে O_2 অণুর 2টি অক্সিজেন পরমাণুর জারণ-সংখ্যার মোট হ্রাস = 2×2 = 4 একক। অতএব, FeS_2 ও O_2 4 : 11 আণবিক অনুপাতে বিক্রিয়া করিবে। অর্থাৎ, বিক্রিয়ার সমীকরণ হইবে : $4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$.

(e) $Na\overset{+5}{N}O_3 + \overset{0}{Zn} + NaOH \rightarrow Na_2\overset{+2}{Zn}O_2 + \overset{-3}{N}H_3 + H_2O.$

$NaNO_3$ যৌগে N-এর জারণ-সংখ্যা = +5 ও NH_3 যৌগে উহার জারণ-সংখ্যা = −3. সুতরাং N-এর জারণ-সংখ্যার হ্রাস = 8 একক। Zn ধাতুর জারণ-সংখ্যা = 0 এবং Na_2ZnO_2 যৌগে Zn-এর জারণ-সংখ্যা = +2, অতএব, Zn-এর জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি = 2 একক। সুতরাং, $NaNO_3$ ও Zn 2 : 8 অর্থাৎ 1 : 4 অনুপাতে বিক্রিয়া করিবে। অর্থাৎ, $NaNO_3 + 4Zn + (NaOH) \rightarrow Na_2ZnO_2 + NH_3 + H_2O$.

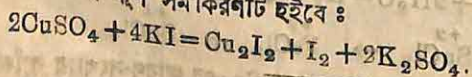
4টি Zn পরমাণু 4 অণু Na_2ZnO_2 উৎপন্ন করিবে। ইহার জন্য 8টি Na পরমাণু প্রয়োজন তন্মধ্যে 1 অণু $NaNO_3$ 1টি Na পরমাণু সরবরাহ করিবে। অতএব বাকী 7টি Na পরমাণুর জন্য 7 অণু NaOH প্রয়োজন হইবে। সুতরাং, সমীকরণের সম্পূর্ণ রূপ হইবে :

$$NaNO_3 + 4Zn + 7NaOH = 4Na_2ZnO_2 + NH_3 + 2H_2O.$$

(f) $\overset{+2}{Cu}SO_4 + K\overset{-1}{I} \rightarrow \overset{+1}{Cu_2}I_2 + \overset{0}{I_2} + K_2SO_4$

$CuSO_4$ অণুর Cu-এর জারণ-সংখ্যা হ্রাস = 1 একক ও KI অণুর I-এর জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি = 1 একক। 2 অণু $CuSO_4$ হইতে এক অণু Cu_2I_2 গঠিত হইবে। অতএব 2 অণু-$CuSO_4$-এর 2টি Cu পরমাণুর জারণ-সংখ্যা হ্রাস = 2 একক। একটি Cu_2I_2 গঠনে 2টি KI অণু প্রয়োজন। দুই অণু KI-এর দুইটি I-এর জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি = 2 একক। অতএব, প্রাথমিক বিচারে, $CuSO_4$ ও KI 2 : 2 আণবিক অনুপাতে বিক্রিয়া করিবে। কিন্তু, এক অণু Cu_2I_2 গঠনে 2টি আয়োডাইড আয়ন, তথা 2 অণু KI প্রয়োজন। অতএব, $CuSO_4$ ও KI 2 : 4 আণবিক অনুপাতে বিক্রিয়া করিবে। সম্পূর্ণ সমীকরণটি হইবে :

$$2CuSO_4 + 4KI = Cu_2I_2 + I_2 + 2K_2SO_4.$$

৫

জৈব রসায়ন
(Organic Chemistry)

প্রশ্ন ১। বিশদ টীকা লিখ :

(a) কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা ও কার্বন-ঘটিত যৌগের চতুস্তলকীয় ত্রিমাত্রিক গঠন ; (b) সমগণীয় শ্রেণী ; (c) কারকপুঞ্জ বা ক্রিয়াশীল মূলক ; (d) জৈব যৌগের সমাংশধর্মিতা ; (e) ডাই-ক্লোরোবেঞ্জিনের প্রতিস্থাপক-বিন্যাস ; (f) মার্কাউনিকফের নিয়ম ; (g) ওজোন-বিশ্লেষণ ; (h) ফার্মেণ্টেশন ; (i) রোজেনমণ্ডের বিক্রিয়া ; (j) ক্যানিজারোর বিক্রিয়া ; (k) কোলবের সংশ্লেষণ ; (l) বুয়ার্জ বিক্রিয়া ; (m) বুয়ার্জ-ফিটিগ বিক্রিয়া ; (n) ফ্রিডেল-ক্রাফ্‌ট্‌স্‌ বিক্রিয়া ; (o) হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া ; (p) ডায়াজো বিক্রিয়া ; (q) হফ্‌ম্যানের অবনমন বিক্রিয়া ; (r) ক্লেমেনসেন বিজারণ ; (s) C_2H_6, C_2H_4 ও C_2H_2 অণুর বন্ধন-কোণ ও উহাদের ত্রিদিগ্‌মাত্রিক অভিবিন্যাস ; (t) স্যাণ্ডমায়ার বিক্রিয়া।

[Write explanatory notes on :

(a) Valency of carbon and tetrahedral space model of carbon compounds (b) Homologous series (c) Functional group (d) Isomerism of organic compounds (e) Orientation of dichlorobenzene (f) Markownikoff's rule (g) Ozonolysis (h) Fermentation (i) Rosenmund reaction (j) Cannizzaro's reaction (k) Kolbe synthesis (l) Wurtz reaction (m) Wurtz-Fittig reaction (n) Friedel-Crafts reaction (o) Haloform reaction (p) Diazo reaction (q) Hoffmann's degradation (r) Clemmensen's reduction (s) Bond angles in C_2H_6, C_2H_4 and C_2H_2 and their spatial arrangements (t) Sandmeyer's reaction.]

উত্তর। কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা ও কার্বন-ঘটিত যৌগের চতুস্তলকীয় ত্রিমাত্রিক গঠন : কার্বনের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 6 ; অতএব, উহার নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে 6টি ইলেকট্রন ঘূর্ণায়মান। এই 6টি ইলেকট্রনের 2টি প্রথম কক্ষপথের *s*-উপকক্ষপথে বর্তমান। [প্রথম কক্ষপথের একটিই মাত্র উপকক্ষপথ (*s*) থাকিতে পারে।] ইহার দ্বিতীয় কক্ষপথের *s*-উপকক্ষপথে 2টি ইলেকট্রন ও উহার *p*-উপকক্ষপথে 2টি ইলেকট্রন বর্তমান। অর্থাৎ, কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$.

কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা সর্বদাই চার। এই চারটিই সম-যোজ্যতা। এই 4টি যোজ্যতার সাহায্যেই কার্বন উহার যৌগগঠনে অংশগ্রহণ করে। মিথেন (CH_4) অণু

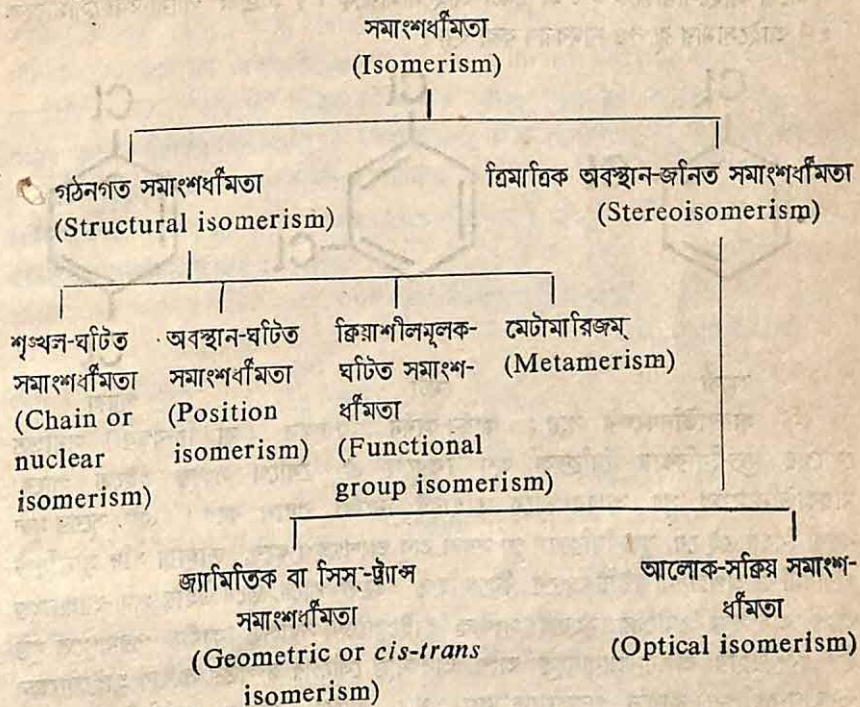
যৌগ। জৈব যৌগের অণুর ক্রিয়াশীল মূলক জানিয়াই স্থির করা যায় যে উহা কোন্ শ্রেণীর যৌগ এবং উহার রাসায়নিক ধর্ম কিরূপ হইবে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, অ্যালডিহাইড মূলক (—CHO) জৈব যৌগের একটি বিশিষ্ট ক্রিয়াশীল মূলক। এই মূলকটি অ্যালডিহাইড শ্রেণীর জৈব যৌগের কারকপুঞ্জ। সুতরাং, যে সকল জৈব যৌগের আণবিক সংকেতে —CHO মূলক বর্তমান, তাহারা সকলেই অ্যালডিহাইড শ্রেণীর যৌগ। উহাদের সকলের রাসায়নিক ধর্ম একই প্রকার হইবে। যথা, সকল অ্যালডিহাইডকেই বিজারিত করিলে প্রাইমারী অ্যালকোহল পাওয়া যাইবে, এবং উহাদিগকে জারিত করিলে, সমসংখ্যক কার্বন পরমাণু-বিশিষ্ট জৈব অ্যাসিড পাওয়া যাইবে। সকল অ্যালডিহাইড একই জাতীয় অক্সিম, ফিনাইল হাইড্রাজোন, সেমিকার্বাজোন প্রভৃতি যৌগ গঠন করিবে। কার্বক্সিলিক মূলক (—COOH) অপর একটি বিশিষ্ট কারকপুঞ্জ। সকল জৈব অ্যাসিডেই মূলকটি উপস্থিত থাকে এবং উহাদের রাসায়নিক ধর্ম সদৃশ হয়। যথা, $CH_3.COOH$ (অ্যাসেটিক অ্যাসিড), $CH_3.CH_2.CH_2.COOH$ (বিউটিরিক অ্যাসিড), $C_6H_5.COOH$ (বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড) ইত্যাদি। অ্যামিন মূলক ($—NH_2$) অপর একটি বিশিষ্ট কারকপুঞ্জ। সকল জৈব প্রাইমারী অ্যামিন যৌগে একই মূলক বর্তমান। সুতরাং, ঐ সকল যৌগের রাসায়নিক ধর্ম একই প্রকারের হয়। যথা, CH_3NH_2 (মিথাইন অ্যামিন) $C_2H_5NH_2$ (ইথাইল অ্যামিন) ইত্যাদি।

(d) **জৈব যৌগের সমসংকেতধর্মিতা বা সমাংশধর্মিতা ঃ** যে সকল যৌগের আণবিক সংকেত অভিন্ন, কিন্তু উহাদের ভৌত ধর্ম ও অনেক রাসায়নিক ধর্ম বিভিন্ন, তাহাদিগকে সমাংশধর্মী বা সমসংকেতধর্মী যৌগ বলে। যৌগসমূহের যে বৈশিষ্ট্যের প্রভাবে উহাদের আণবিক সংকেত অভিন্ন হওয়া সত্ত্বেও ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে এইরূপ পার্থক্য হয়, তাহাকে সমসংকেতধর্মিতা বা সমাংশধর্মিতা বলা হয়।

জৈব যৌগের কেবলমাত্র আণবিক সংকেতের দ্বারা উহার সঠিক পরিচয় অনেক সময় জানা সম্ভবপর হয় না। একই আণবিক সংকেত-বিশিষ্ট বিভিন্ন জৈব যৌগের আণবিক কাঠামোতে বিভিন্ন পরমাণুর বিন্যাস বা সংযুক্ত থাকিবার ধরন বিভিন্ন হইতে পারে। এইরূপ বিভিন্ন ধরনের পারমাণবিক বিন্যাসের ফলেই যৌগের সমাংশধর্মিতা প্রদর্শিত হয়। বস্তুতঃ, জৈব যৌগের সঠিক পরিচয় জানিতে হইলে উহার আণবিক সংকেত ও গঠন-সংকেত সম্পর্কে সম্যক্ জ্ঞান থাকা সবিশেষ প্রয়োজন। চতুর্সংযোজী কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা-বৈশিষ্ট্যের ফলে, অধিক সংখ্যক কার্বন পরমাণু-বিশিষ্ট যৌগের অণুর কার্বন-শৃঙ্খল সরলরৈখিক বা শাখায়িত (branched) হইতে পারে ; আবার, ঐ সকল যৌগের কার্বন-কাঠামোতে দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধনের অবস্থিতির পার্থক্য হইতে পারে ; পুনরায়, যৌগের কার্বন-কাঠামোতে প্রতিস্থাপিত মূলকের অবস্থান বিভিন্ন হইতে পারে। সাধারণতঃ এই সকল কারণেই অভিন্ন আণবিক সংকেত হওয়া সত্ত্বেও জৈব যৌগের পৃথক্ অস্তিত্ব বা সত্ত্বা সম্ভবপর হয়।

সমাংশধর্মিতার শ্রেণীবিভাগ নিম্নরূপ ঃ

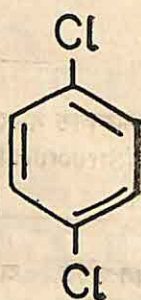
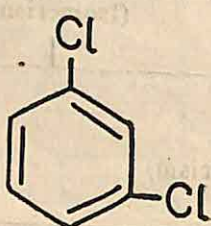
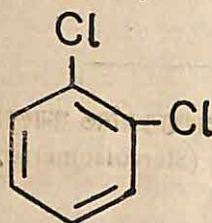
সমাংশধর্মিতা
(Isomerism)

- গঠনগত সমাংশধর্মিতা (Structural isomerism)
  - শৃঙ্খল-ঘটিত সমাংশধর্মিতা (Chain or nuclear isomerism)
  - অবস্থান-ঘটিত সমাংশধর্মিতা (Position isomerism)
  - ক্রিয়াশীলমূলক-ঘটিত সমাংশ-ধর্মিতা (Functional group isomerism)
  - মেটামারিজম্ (Metamerism)
- ত্রিমাত্রিক অবস্থান-জনিত সমাংশধর্মিতা (Stereoisomerism)
  - জ্যামিতিক বা সিস্-ট্রান্স সমাংশধর্মিতা (Geometric or *cis-trans* isomerism)
  - আলোক-সক্রিয় সমাংশ-ধর্মিতা (Optical isomerism)

(e) **ডাই-ক্লোরোবেঞ্জিনের প্রতিস্থাপক অভিবিন্যাস ঃ** বেঞ্জিন-বলয়ের দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু দুইটি ক্লোরিন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে ডাই-ক্লোরোবেঞ্জিন ($C_6H_4Cl_2$) গঠিত হয়। এই ক্ষেত্রে তিনটি সমাংশধর্মী যৌগ বা আইসোমারের সৃষ্টি হয়। এই সমাংশধর্মিতা প্রতিস্থাপকদ্বয়ের অবস্থানগত সমাংশধর্মিতা।

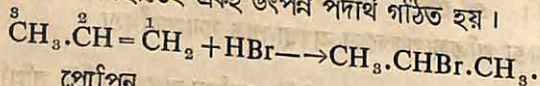
(i) যখন প্রতিস্থাপক ক্লোরিন পরমাণু দুইটি বেঞ্জিন-বলয়ের দুইটি সন্নিহিত (adjacent) কার্বনের সহিত যুক্ত থাকে, তখন **অর্থো**-আইসোমার (অর্থো ডাই-ক্লোরোবেঞ্জিন) গঠিত হয়।

(ii) যখন প্রতিস্থাপক ক্লোরিন পরমাণুদ্বয় বেঞ্জিন-বলয়ের দুইটি একান্তর (alternate) কার্বনের সহিত যুক্ত থাকে, তখন **মেটা**-আইসোমার (মেটা ডাই-ক্লোরোবেঞ্জিন) গঠিত হয়।

(iii) যখন প্রতিস্থাপক ক্লোরিন পরমাণুদ্বয় বেঞ্জিন-বলয়ের দুইটি পরস্পর বিপরীত (opposite) কার্বনের সঙ্গে যুক্ত থাকে, তখন **প্যারা**-আইসোমার (প্যারা ডাই-ক্লোরো-বেঞ্জিন) গঠিত হয়।

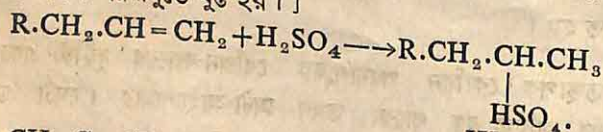
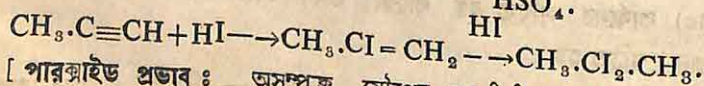
অর্থো-আইসোমারকে 1 ঃ 2, মেটা-আইসোমারকে 1 ঃ 3 এবং প্যারা-আইসোমারকে 1 ঃ 4 আইসোমার রূপেও নামকরণ করা হয়।

অর্থো মেটা প্যারা

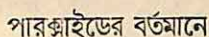
(f) **মারকাউনিকফের সূত্র ঃ** কার্বন-কার্বন দ্বি-বন্ধন (বা ত্রি-বন্ধন) সমন্বিত যৌগের যুত-বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক অণু কিরূপে ঐ যৌগে সংযুক্ত হইতে পারে, মারকাউনিকফের সূত্র সাধারণভাবে তাহারই নির্দেশ প্রদান করে। এই সূত্রের মূল বক্তব্য বিষয় এই যে, যুত-বিক্রিয়ায় যে সকল অণু অংশগ্রহণ করে, তাহারা যদি সুনির্দিষ্ট পরাধর্মী ও অপরাধর্মী দুইটি অংশে বিয়োজিত হইতে পারে, তবে উহার পরা-আধানযুক্ত অংশ অসম্পৃক্ত যৌগের বৃহত্তর সংখ্যক হাইড্রোজেন-সম্বলিত কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয় এবং উহার অপরা-আধানযুক্ত অংশ অসম্পৃক্ত যৌগের স্বল্পতর সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু-সম্বলিত কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয়। অর্থাৎ, এইরূপ যুত-বিক্রিয়ায় মুখ্য উৎপন্ন পদার্থের সংযুতি এইরূপেই স্থিরীকৃত হয়। [অবশ্য, এইরূপ বিক্রিয়ায় সামান্য পরিমাণে অপর সমাংশটিও গঠিত হয়।] এই প্রসঙ্গে উল্লেখ্য যে, সুষম (symmetrical) অসম্পৃক্ত যৌগে এই সূত্র স্বভাবতই প্রযুক্ত নয়। কারণ, এই সকল ক্ষেত্রে সকল অবস্থাতেই একই উৎপন্ন পদার্থ গঠিত হয়।

$$\overset{3}{C}H_3.\overset{2}{C}H=\overset{1}{C}H_2+HBr \longrightarrow CH_3.CHBr.CH_3.$$

প্রোপিন

[HBr যৌগের H^+ পরাধর্মী অংশ ; উহা স্বল্পতর হাইড্রোজেন পরমাণু সম্বলিত 2 নং কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয়।]

$$R.CH_2.CH=CH_2+H_2SO_4 \longrightarrow R.CH_2.\underset{|\atop HSO_4}{CH}.CH_3.$$

$$CH_3.C\equiv CH+HI \longrightarrow CH_3.CI=CH_2 \xrightarrow{HI} CH_3.CI_2.CH_3.$$

[**পারক্সাইড প্রভাব ঃ** অসম্পৃক্ত যৌগের যুত-বিক্রিয়ায় HX (X = অপরাধর্মী আয়ন) সাধারণ-সংকেতের সংযোজক (adduct) সাধারণতঃ মারকাউনিকফের সূত্র অনুযায়ী বিক্রিয়া করে। অর্থাৎ, এইরূপ বিক্রিয়ায় HX-এর H- পরমাণু-অসম্পৃক্ত যৌগের অণুর বৃহত্তর সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু-সম্বলিত কার্বন পরমাণুতে যুক্ত

হয় এবং X আয়ন ঐ অণুর স্বল্পতর সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু-সম্বলিত কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয়। কিন্তু, বিজ্ঞানী খারাস্ (Kharash) লক্ষ্য করেন যে, অল্প পরিমাণ পারক্সাইডের উপস্থিতিতে অসম (unsymmetrical) দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধন যুক্ত যৌগে HX সংযোজক মারকাউনিকফের সূত্রের বিপরীত পদ্ধতিতে সংযুক্ত হয়। অর্থাৎ, অল্প পরিমাণ পারক্সাইডের উপস্থিতিতে HX বিকারকের H পরমাণু স্বল্পতর সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু-সম্বলিত কার্বন পরমাণুতে ও X মূলকটি বৃহত্তর সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু-সম্বলিত কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয়। এই ঘটনার কারণকে **পারক্সাইড প্রভাব** বলা হয়। যথা,

(g) **ওজোনোলিসিস ঃ** দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধনযুক্ত ইথিলিন বা অ্যাসিটিলিন জাতীয় যৌগ ওজোনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অস্থায়ী ওজোনাইড যুত-যৌগ গঠন করে। এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়মান অণুর প্রতিটি দ্বি-বন্ধন বা ত্রি-বন্ধনে এক অণু ওজোন যুক্ত হয়। এই ওজোনাইড যৌগকে জলদ্বারা (জিংক-ধূলির উপস্থিতিতে) আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে অ্যালডিহাইড বা কিটোন উৎপন্ন হয়। উপরোক্ত দুইটি বিক্রিয়াকে (ওজোনাইড গঠন ও উহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ) সম্মিলিতভাবে **ওজোনোলিসিস** বলে। এই প্রক্রিয়ার সাহায্যে জৈব অণুর মধ্যে দ্বি-বন্ধন (বা ত্রি-বন্ধনের) সংখ্যা ও উহাদের অবস্থিতির সঠিক স্থান নির্ণয় করিয়া অণুটির গঠন-সংকেত সম্পর্কে ধারণা করা যায় এবং এই প্রক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালডিহাইড ও কিটোন প্রস্তুত করা যায়।

$$\underset{\text{(ইথিলিন)}}{CH_2=CH_2} \xrightarrow{O_3} \underset{\text{(ইথিলিন ওজোনাইড)}}{CH_2-O-CH_2 \ (\text{O—O bridge})} \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{Zn+H_2O} \underset{\text{(ফর্ম্যালডিহাইড)}}{2H.CHO} + ZnO + H_2O$$

$$\underset{\text{(বিউটিন}-2)}{CH_3.CH=CH.CH_3} \xrightarrow{O_3} \underset{\text{(ওজোনাইড)}}{CH_3.CH-O-CH.CH_3 \ (\text{O—O bridge})}$$

$$\xrightarrow{Zn+H_2O} 2CH_3.CHO + ZnO + H_2O.$$

$$\underset{\text{(বিউটিন—1)}}{CH_3.CH_2.CH=CH_2} \xrightarrow{O_3} \underset{\text{(ওজোনাইড)}}{CH_3.CH_2.\overset{\displaystyle CH-O-CH_2}{\underset{\displaystyle O—.—.—O}{|\qquad\qquad|}}}$$

$$\xrightarrow{Zn+H_2O} CH_3.CH_2.CHO + H.CHO + ZnO + H_2O.$$

$$R_2C=CR_2 \xrightarrow{O_3} \underset{\text{(ওজোনাইড)}}{R_2C{-}O{-}CR_2\ (O—O)} \xrightarrow{Zn+H_2O} \underset{\text{(কিটোন)}}{2RR.CO} + ZnO + H_2O$$

$$CH{\equiv}CH \xrightarrow{O_3} \underset{\text{(ওজোনাইড)}}{CH—CH\ (O,\ O—O)} \xrightarrow{Zn+H_2O} \underset{\text{(গ্লায়ক্সাল)}}{CHO{-}CHO} + ZnO + H_2O.$$

$$R.C{\equiv}CR \xrightarrow{O_3} \underset{\text{(ওজোনাইড)}}{RC—CR\ (O,\ O—O)} \xrightarrow{Zn+H_2O} \underset{\text{(ডাই-কিটোন)}}{R.CO.CO.R} + ZnO + H_2O.$$

[ওজোনাইডকে শুধুমাত্র জলদ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে উৎপন্ন H_2O_2 অ্যালডিহাইডকে সহজেই অ্যাসিডরূপে জারিত করে। এই জারণ নিবারণ করিতে জিংক-ধূলি মিশানো হয়। জিংক ধূলি হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে বিযোজিত করিয়া জলে পরিণত করে ও নিজে ZnO রূপে জারিত হইয়া যায়।]

(h) **ফার্মেণ্টেশন (বা, সন্ধান-ক্রিয়া) ঃ** অতি-নিম্ন পর্যায়ের জীবের (প্রাণী বা উদ্ভিদ) দেহকোষের উপস্থিতিতে এমন কতকগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়, যাহাতে অনেক জটিল জৈব যৌগ বিশ্লিষ্ট হইয়া সহজতর সংকেত-বিশিষ্ট যৌগে পরিণত হয়। এইরূপ রাসায়নিক বিক্রিয়াকে 'ফার্মেণ্টেশন' বা সন্ধান-ক্রিয়া বলা হয়। এই সকল বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে জীবকোষের 'এন্‌জাইম (enzyme) বা উৎসেচক জাতীয় রাসায়নিক পদার্থ অনুঘটক বা প্রভাবকরূপে ক্রিয়া করে। এই সকল এন্‌জাইমের কার্যক্ষমতা সীমিত ; অর্থাৎ, ইহাদের এক একটির সাহায্যে কেবলমাত্র একটি নির্দিষ্ট বিক্রিয়াই সম্পন্ন হইতে পারে। এন্‌জাইমের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটনের সময় বিক্রিয়াকালীন অবস্থা (যথা, তাপমাত্রা, দ্রবণের ক্ষারত্ব বা অম্লত্ব ইত্যাদি) অতি কঠোরভাবে নিয়ন্ত্রিত করিতে হয়। কারণ, এই সকল অবস্থার

পরিবর্তনে অনেক সময় এন্‌জাইম তাহার কার্যক্ষমতা হারাইয়া ফেলে এবং ফলে ঐ বিক্রিয়া সংঘটিত হয় না। ইষ্ট নামক এককোষী উদ্ভিদে অবস্থিত জাইমেজ্ নামক এন্‌জাইমের উপস্থিতিতে গ্লুকোজ বা ফ্রাক্টোজ হইতে এই পদ্ধতিতে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়। বর্তমানে সন্ধান-ক্রিয়ার সাহায্যে বহু জৈব যৌগের শিল্পোৎপাদন সম্ভবপর হইয়াছে।

(i) **রোজেন্‌মণ্ড বিক্রিয়া ঃ** জৈব অ্যালডিহাইড যৌগকে জারিত করিয়া সহজেই কার্বক্সিলিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়; কিন্তু, কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে সাধারণ পদ্ধতিতে বিজারিত করিয়া সহজে অ্যালডিহাইডে পরিণত করা যায় না। কার্বক্সিলিক অ্যাসিডকে PCl_3 (বা PCl_5, $SOCl_2$) দ্বারা অ্যাসিড ক্লোরাইডে পরিণত করিয়া ও উৎপন্ন যৌগের বাষ্পকে হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণটিকে বেরিয়াম সালফেটের উপর প্রতিস্থাপিত প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপর দিয়া উচ্চ তাপমাত্রায় প্রবাহিত করিলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়; অনুঘটকের সাহায্যে হাইড্রোজেনের দ্বারা অ্যাসিড ক্লোরাইডের এইরূপ বিজারণকে **রোজেন্‌মণ্ডের বিক্রিয়া** বলে। উৎপন্ন অ্যালডিহাইড প্যালাডিয়াম অনুঘটকের বর্তমানে হাইড্রোজেন দ্বারা যাহাতে বিজারিত হইয়া অ্যালকোহলে পরিণত না হয়, সেইজন্য বেরিয়াম সালফেটকে অনুঘটকের পক্ষে বিষ (catalyst poison) রূপে ব্যবহার করা হয়। বেরিয়াম সালফেট অ্যালডিহাইডের পরবর্তী বিজারণ নিবারিত করে।

$$CH_3COCl \xrightarrow[H_2]{Pd\ +\ BaSO_4} CH_3CHO + HCl$$

(অ্যাসেটিল ক্লোরাইড) (অ্যাসেট্যালডিহাইড)

(j) **ক্যান্নিজারোর বিক্রিয়া ঃ** যে সকল অ্যালডিহাইড অণুর α-কার্বন পরমাণুতে (অর্থাৎ, —CHO মূলকের সন্নিহিত কার্বন পরমাণুতে) হাইড্রোজেন পরমাণু নাই, তাহাদিগকে ঘন ক্ষার-দ্রবণের (যথা, NaOH, KOH ইত্যাদি) সহিত ঝাঁকাইলে বা সামান্য উত্তপ্ত করিলে দুই অণু অ্যালডিহাইড স্বতঃ জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়ায় এক অণু অ্যালকোহল ও এক অণু অ্যাসিডে (ক্ষারধাতুর লবণে) পরিণত হয়। এই বিক্রিয়াকে ক্যান্নিজারোর বিক্রিয়া বলে। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে সহজেই অ্যালডিহাইড হইতে অ্যালকোহল বা অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়। ফর্ম্যালডিহাইড (H.CHO) অণুতে α-কার্বন পরমাণুর অস্তিত্বই নাই, সুতরাং, উহার α-কার্বন পরমাণুতে হাইড্রোজেনের অবস্থিতির প্রশ্নই উঠে না। বেঞ্জালডিহাইডের ($C_6H_5.CHO$) α কার্বন পরমাণু হাইড্রোজেন-বিহীন। সুতরাং, এই দুইটি অ্যালডিহাইড ক্যান্নিজারোর বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।

$$2H.CHO + NaOH \rightarrow CH_3OH + H.COONa$$

(মিথাইল অ্যালকোহল) (সোডিয়াম ফর্মেট)

$$H.COONa \xrightarrow{HCl} H.COOH$$

(ফর্মিক অ্যাসিড)

$$2C_6H_5.CHO + NaOH \rightarrow C_6H_5.CH_2OH + C_6H_5COONa$$

(বেঞ্জাইল অ্যালকোহল) (সোডিয়াম বেঞ্জোয়েট)

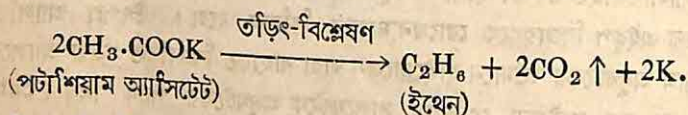
$\downarrow HCl$

$C_6H_5.COOH$

(বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড)

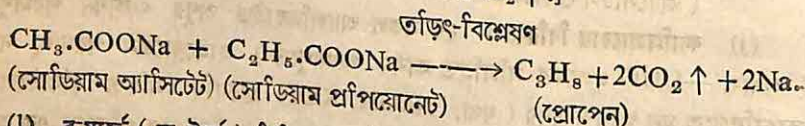
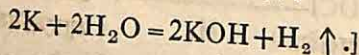
(k) **কোল্‌বের বিক্রিয়া :** অ্যালিফ্যাটিক অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাশিয়াম লবণকে গলিত অবস্থায় (বা উহা ঘন জলীয় দ্রবণকে) প্ল্যাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বা অ্যালকেন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে **কোল্‌বের বিক্রিয়া** বলে। তড়িৎ-বিশ্লেষণের কালে লবণের প্রতি দুইটি অণু বিযোজিত হইয়া উহাদের অ্যালকিল মূলকদ্বয় সংযুক্ত হয় এবং এইরূপে উচ্চতর গুরুত্বের অ্যালকেন গঠিত হয়।

$$2CH_3.COOK \xrightarrow{\text{তড়িৎ-বিশ্লেষণ}} C_2H_6 + 2CO_2\uparrow + 2K.$$

(পটাশিয়াম অ্যাসিটেট) (ইথেন)

[গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ব্যবহার করিলে ক্যাথোডে ক্ষারধাতু সঞ্চিত হয়। কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের গাঢ় জলীয় দ্রবণ ব্যবহার করিলে ক্যাথোডে উৎপন্ন ক্ষারধাতুটি জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্ষার ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে :

$$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2\uparrow.]$$

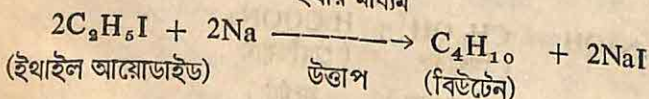
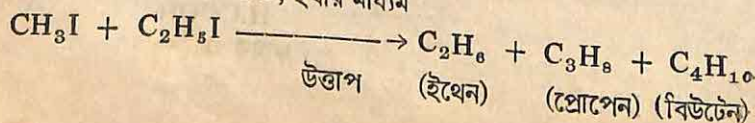
$$CH_3.COONa + C_2H_5.COONa \xrightarrow{\text{তড়িৎ-বিশ্লেষণ}} C_3H_8 + 2CO_2\uparrow + 2Na.$$

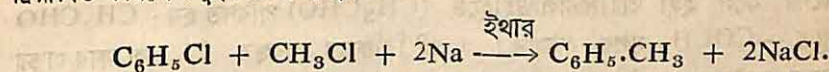
(সোডিয়াম অ্যাসিটেট) (সোডিয়াম প্রপিয়োনেট) (প্রোপেন)

(l) **বুয়ার্জ (বা উর্জ) বিক্রিয়া :** ইথার দ্রবণে অ্যালকিল হ্যালাইড সোডিয়াম ধাতুর সহিত উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়া করিয়া উচ্চতর আণবিক ওজনের অ্যালকেন গঠন করে। এই বিক্রিয়াকে **বুয়ার্জ (বা উর্জ) বিক্রিয়া বলে।** একটি অ্যালকিল হ্যালাইড লইয়া এই বিক্রিয়া সম্পন্ন করিলে উপাদান অ্যালকিল হ্যালাইডের অ্যালকিল মূলকের কার্বন পরমাণুর সংখ্যার দ্বিগুণ সংখ্যক কার্বন পরমাণু-বিশিষ্ট অ্যালকেন গঠিত হয়। দুইটি বিভিন্ন অ্যালকিল হ্যালাইড লইয়া এই বিক্রিয়া সংঘটিত করিলে তিনটি উচ্চতর অ্যালকেনের মিশ্রণ পাওয়া যায়। (উপযুক্ত পদ্ধতিতে ইহাদিগকে পৃথক্ করা যায়।)

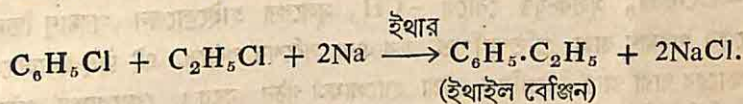
$$2C_2H_5I + 2Na \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{ইথার মাধ্যম}} C_4H_{10} + 2NaI$$

(ইথাইল আয়োডাইড) (বিউটেন)

$$CH_3I + C_2H_5I \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{\text{Na, ইথার মাধ্যম}} C_2H_6 + C_3H_8 + C_4H_{10}$$

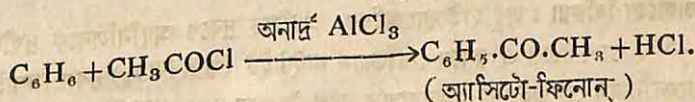
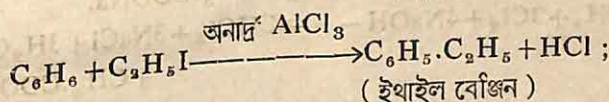
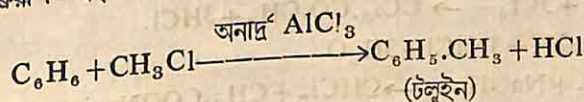
(ইথেন) (প্রোপেন) (বিউটেন)

(m) **বুয়ার্জ (বা, উর্জ)-ফিটিগ বিক্রিয়া** ঃ শুষ্ক ইথারীয় দ্রবণে ক্লোরোবেঞ্জিন ও মিথাইল ক্লোরাইডের সম-আণবিক পরিমাণের মিশ্রণকে ধাতব সোডিয়ামের সহিত ক্রিয়ান্বিত করিলে টলুইন উৎপন্ন হয় ঃ

$$C_6H_5Cl + CH_3Cl + 2Na \xrightarrow{\text{ইথার}} C_6H_5.CH_3 + 2NaCl.$$

এই বিক্রিয়াকে **বুয়ার্জ (বা, উর্জ)-ফিটিগ বিক্রিয়া** বলা হয়। উপরোক্ত বিক্রিয়ার শেষে আংশিক পাতনের সাহায্যে টলুইন সংগ্রহ করা হয়। বেঞ্জিনের উচ্চতর **সমগণ** তথা অ্যালকিল-বেঞ্জিন প্রস্তুত করিতে এই বিক্রিয়াটি ব্যবহার করা চলে। যথা ঃ

$$C_6H_5Cl + C_2H_5Cl + 2Na \xrightarrow{\text{ইথার}} \underset{\text{(ইথাইল বেঞ্জিন)}}{C_6H_5.C_2H_5} + 2NaCl.$$

(n) **ফ্রিডেল-ক্রাফ্ট্স্ বিক্রিয়া** ঃ অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড (বা অনার্দ্র $FeCl_3$, $SnCl_2$ ইত্যাদি) অনুঘটকের বর্তমানে অ্যালকিল হ্যালাইড (যথা, মিথাইল ক্লোরাইড, মিথাইল আয়োডাইড, ইথাইল আয়োডাইড ইত্যাদি) বা আসিল হ্যালাইড (যথা, অ্যাসেটিল ক্লোরাইড) শুষ্ক বেঞ্জিনের সহিত ক্রিয়ান্বিত হইয়া যথাক্রমে অ্যালকিল বেঞ্জিন বা অ্যাসিল বেঞ্জিন (কিটোন) গঠন করে। অর্থাৎ, এই বিক্রিয়ায় বেঞ্জিন-বৃত্তের একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অ্যালকিল বা অ্যাসিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। মূলতঃ ইহা বেঞ্জিনের অ্যালকাইলেসন (alkylation) বা অ্যাসাইলেসন (acylation) বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়াকে **ফ্রিডেল-ক্রাফ্ট্স্ বিক্রিয়া** বলে।

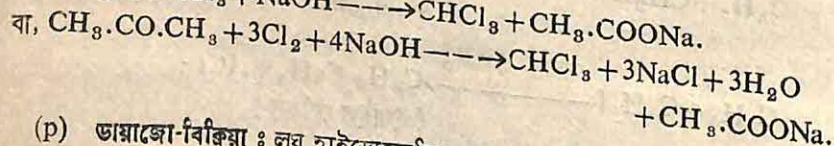
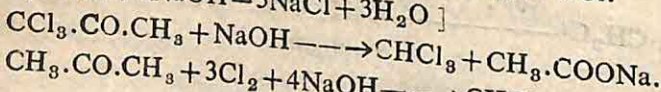
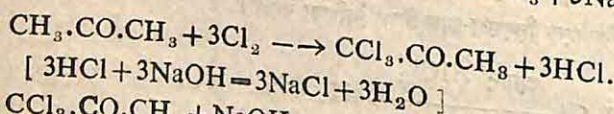
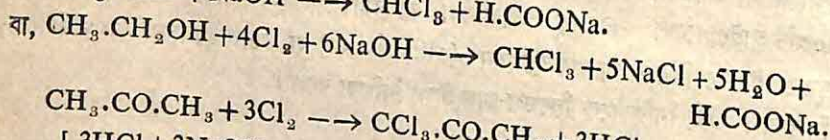
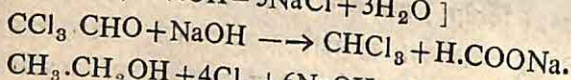
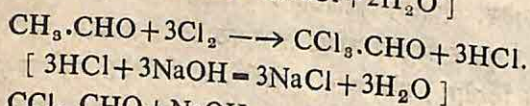
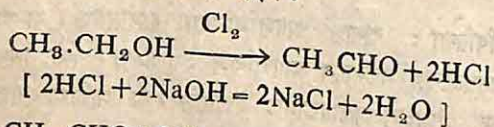
$$C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} \underset{\text{(টলুইন)}}{C_6H_5.CH_3} + HCl$$

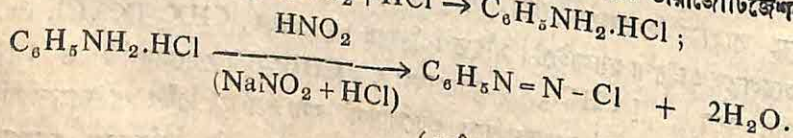
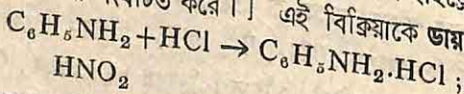
$$C_6H_6 + C_2H_5I \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} \underset{\text{(ইথাইল বেঞ্জিন)}}{C_6H_5.C_2H_5} + HCl\ ;$$

$$C_6H_6 + CH_3COCl \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} \underset{\text{(অ্যাসিটো-ফিনোন্)}}{C_6H_5.CO.CH_3} + HCl.$$

(o) **হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া** ঃ যে সকল জৈব যৌগের অণুতে $-COCH_3$ (কিটো-মিথাইল) মূলক বর্তমান থাকে, বা যাহাদের জারণের ফলে যৌগ-অণুতে ঐ মূলক উৎপন্ন হয়, তাহারা হ্যালোজেন (Cl_2, Br_2 ও I_2) ও ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় (অর্থাৎ, ক্ষারধাতুর হাইপো-হ্যালাইটের সহিত বিক্রিয়ায়) হ্যালোফর্ম, CHX_3 ($X = Cl, Br, I$) গঠন করে। [$CHCl_3$ (ক্লোরোফর্ম), $CHBr_3$ (ব্রোমোফর্ম) ও CHI_3 (আয়োডোফর্ম)-কে সাধারণভাবে হ্যালোফর্ম বলা হয়।] ব্লিচিং পাউডারের সহিত ঐ সকল যৌগের বিক্রিয়ায়ও ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে **হ্যালোফর্ম**

বিক্রিয়া বলে। আমাদের পরিচিত জৈব যৌগের মধ্যে ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন এই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। অ্যাসিটোনের অণুতে $-COCH_3$ মূলক বর্তমান ; ইথাইল অ্যালকোহলের অণুতে এই মূলক বর্তমান নাই বটে, কিন্তু প্রাথমিক জারণের ফলে ইহা অ্যাসিট্যালডিহাইডে (CH_3CHO) পরিণত হয় ; CH_3CHO অণুতে $-COCH_3$ মূলক বর্তমান। (এই বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত Cl_2 বা ক্ষার ধাতুর অন্যান্য হাইপো-হ্যালাইট এই জারণ ঘটায়।) হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া কয়েকটি নির্দিষ্ট স্তরে সম্পন্ন হয়। প্রাথমিক স্তরে, যে সকল যৌগে $-COCH_3$ মূলক নাই, সম্ভাব্য ক্ষেত্রে তাহারা জারিত হইয়া $-COCH_3$ মূলক-সমন্বিত যৌগ গঠন করে। দ্বিতীয় স্তরে, $-COCH_3$ মূলক-যুক্ত যৌগে $-CH_3$ মূলকের হাইড্রোজেন পরমাণু তিনটি হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং সর্বশেষ পর্যায়ে, এই ট্রাই-হ্যালোজেন যৌগ ক্ষারের দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হ্যালোফর্ম গঠন করে। ক্লোরোফর্ম গঠনের সাহায্যে বিক্রিয়াটি দেখানো হইল ঃ

$$CH_3.CH_2OH \xrightarrow{Cl_2} CH_3CHO + 2HCl$$
$$[\,2HCl + 2NaOH = 2NaCl + 2H_2O\,]$$
$$CH_3.CHO + 3Cl_2 \longrightarrow CCl_3.CHO + 3HCl.$$
$$[\,3HCl + 3NaOH = 3NaCl + 3H_2O\,]$$
$$CCl_3\,CHO + NaOH \longrightarrow CHCl_3 + H.COONa.$$
বা, $$CH_3.CH_2OH + 4Cl_2 + 6NaOH \longrightarrow CHCl_3 + 5NaCl + 5H_2O + H.COONa.$$

$$CH_3.CO.CH_3 + 3Cl_2 \longrightarrow CCl_3.CO.CH_3 + 3HCl.$$
$$[\,3HCl + 3NaOH = 3NaCl + 3H_2O\,]$$
$$CCl_3.CO.CH_3 + NaOH \longrightarrow CHCl_3 + CH_3.COONa.$$
বা, $$CH_3.CO.CH_3 + 3Cl_2 + 4NaOH \longrightarrow CHCl_3 + 3NaCl + 3H_2O + CH_3.COONa.$$

(p) **ডায়াজো-বিক্রিয়া ঃ** লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে অ্যানিলিনকে দ্রবীভূত করিয়া 0°—5°C তাপমাত্রায় ঐ দ্রবণে সোডিয়াম নাইট্রাইট (বা KNO_2) দ্রবণ মিশাইলে বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের হলুদবর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন হয়। [HCl ও $NaNO_2$-এর (বা KNO_2-এর) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন নাইট্রাস অ্যাসিড অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইডের সহিত ক্রিয়ান্বিত হইয়া এই বিক্রিয়া সংঘটিত করে।] এই বিক্রিয়াকে **ডায়াজোটিজেশন** বিক্রিয়া বলা হয়।

$$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5NH_2.HCl\,;$$
$$C_6H_5NH_2.HCl \xrightarrow[(NaNO_2 + HCl)]{HNO_2} C_6H_5N = N - Cl \;+\; 2H_2O.$$

(বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড)

উৎপন্ন বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের শীতল দ্রবণে β-ন্যাফথলের ক্ষারীয় দ্রবণ যুক্ত করিলে লালবর্ণের অ্যাজো-রং উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে **কাপলিং (coupling) বিক্রিয়া** বলে। উপরোক্ত ডায়াজোটিজেশন ও কাপলিং বিক্রিয়াদ্বয়কে একত্রে **ডায়াজো বিক্রিয়া** (Diazo reaction) বলা হয়।

(q) **হফ্‌ম্যানের অবনমন বিক্রিয়া ঃ** অ্যালিফ্যাটিক (বা অ্যারোমেটিক) অ্যাসিডের অ্যামাইড যৌগকে ব্রোমিন ও ক্ষারদ্রবণ সহ উত্তপ্ত করিলে প্রাইমারী অ্যামিন উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন অ্যামিন মৌলের অণুতে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা অ্যাসিড অ্যামাইড অণুর কার্বন পরমাণুর সংখ্যা হইতে একটি কম হয়। এই বিক্রিয়াকে **হফ্‌ম্যানের অবনমন বিক্রিয়া** বলে। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে বিশুদ্ধ প্রাইমারী অ্যামিন প্রস্তুত করা যায় এবং জৈব যৌগের সংশ্লেষণে উপাদান যৌগের কার্বন পরমাণুর সংখ্যার অবনমন ঘটানো যায়।

$$CH_3.CO.NH_2 + Br_2 + 4KOH \rightarrow CH_3NH_2 + K_2CO_3 + 2KBr + 2H_2O.$$

(অ্যাসেট্যামাইড) (মিথাইল অ্যামিন)

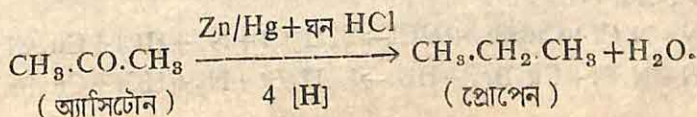
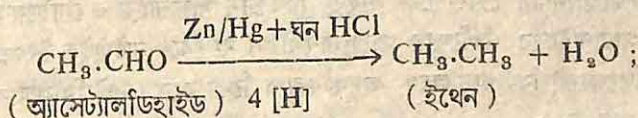
[বিক্রিয়াটি কয়েকটি বিভিন্ন ধাপে সংঘটিত হয়। প্রথমে অ্যাসেট্যামাইডের সহিত ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় অ্যাসেট্‌-মনোব্রোমো-অ্যামাইড -($CH_3.CO.NHBr$) গঠিত হয় ঃ $CH_3.CO\,NH_2 + Br_2 \rightarrow CH_3.CO.NHBr + HBr$. ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায়, পরবর্তী ধাপে অ্যাসেট্‌-মনোব্রোমো-অ্যামাইড হইতে HBr বিদূরিত হইয়া (ক্ষারধাতুর ব্রোমাইড রূপে) মিথাইল আইসো-সায়ানেট ($CH_3.NCO$) উৎপন্ন হয় ঃ $CH_3.CO.NHBr + KOH \rightarrow CH_3.NCO + KBr + H_2O$. সর্বশেষ পর্যায়ে, মিথাইল আইসো-সায়ানেট ক্ষার-দ্রবণ দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া মিথাইল অ্যামিন ও ক্ষারধাতুর কার্বনেট উৎপন্ন করে ঃ $CH_3.NCO + 2KOH \rightarrow CH_3.NH_2 + K_2CO_3$.]

(r) **ক্লেমেনসেনের বিজারণ ঃ** অ্যালডিহাইড বা কিটোনকে জিংক-পারদ সংকর ও ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা বিজারিত করিলে, ধাতু-সংকর ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন ঐ সকল অণুর কিটো-মূলককে ($>C=O$) বিজারিত করিয়া মিথিলিন ($-CH_2-$) মূলকে পরিণত করে। ফলে, অ্যালডিহাইড বা কিটোন বিজারিত হইয়া অ্যালকেনে (সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন) পরিণত হয়। এই বিজারণকে **ক্লেমেনসেনের বিজারণ** বলা হয়।

$$CH_3.CHO \xrightarrow[4\,[H]]{Zn/Hg + \text{ঘন } HCl} CH_3.CH_3 + H_2O\,;$$

(অ্যাসেট্যালডিহাইড) (ইথেন)

$$CH_3.CO.CH_3 \xrightarrow[4\,[H]]{Zn/Hg + \text{ঘন } HCl} CH_3.CH_2.CH_3 + H_2O.$$

(অ্যাসিটোন) (প্রোপেন)

এই বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালডিহাইড বা কিটোনকে সরাসরি সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে পরিণত করা যায়।

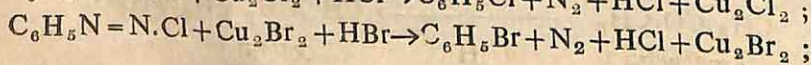
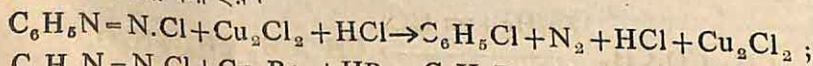
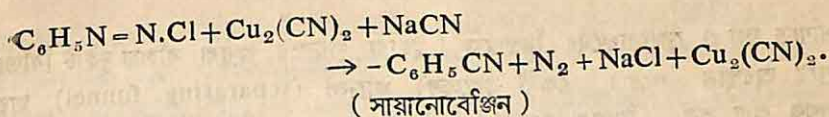
(s) C_2H_6, C_2H_4 ও C_2H_2 **অণুর বন্ধন-কোণ ও উহাদের ত্রিদিক্-মাত্রিক অভিবিন্যাস :** C_2H_6 অণুর দুইটি কার্বন পরমাণু sp^3 সংকরায়ণ পদ্ধতিতে এই যৌগ গঠন করে। সুতরাং, এই অণুর H–C–H ও H–C–C কোণগুলি চতুস্তলকীয় কোণ এবং উহাদের মান 109·5°। এই যৌগে প্রতিটি কার্বন পরমাণু একটি সুষম চতুস্তলকের কেন্দ্রে অবস্থান করে এবং কার্বনের বন্ধনগুলি চতুস্তলকেয় চারটি কৌণিক বিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে।

C_2H_4 অণুর দুইটি কার্বন পরমাণু sp^2 সংকরায়ণ পদ্ধতিতে এই যৌগ গঠন করে। তিনটি sp^2 সংকর-কক্ষক 120° কোণে পরস্পর আনত থাকে। অতএব, C_2H_4 যৌগে H–C–H ও H–C–C কোণের মান 120°। এই যৌগের প্রতিটি কার্বন পরমাণুর তিনটি বন্ধনী একটি সমতলে পরস্পরের সহিত 120° কোণ রচনা করিয়া অবস্থিত। উহাদের প্রতিটির চতুর্থ বন্ধনীটি দুইটি কার্বনের যোজক-বন্ধনীর সহিত সমান্তরালভাবে অবস্থিত। প্রকৃতপক্ষে, চতুর্থ বন্ধনীর ইলেকট্রন-মেঘ (electron cloud) উপরোক্ত সমতলের সহিত লম্বভাবে অবস্থিত একটি তলে সন্নিবিষ্ট থাকে।

C_2H_2 অণুর দুইটি কার্বন পরমাণু sp সংকরায়ণ পদ্ধতিতে এই যৌগ গঠন করে। দুইটি *sp* সংকর-কক্ষক পরস্পর 180° কোণে আনত। অতএব, C_2H_2 যৌগে H–C–C কোণের মান 180°; অর্থাৎ, অণুটি সরল রৈখিক। প্রতিটি কার্বন পরমাণুদ্বয়ের অপর দুইটি বন্ধনী কার্বন-পরমাণুদ্বয়ের যোজক-বন্ধনীর সহিত সমান্তরালভাবে অবস্থিত।

(t) **স্যাণ্ডমায়ার বিক্রিয়া :** বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডকে কিউপ্রাস ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়ান্বিত করিলে ক্লোরোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় কিউপ্রাস ক্লোরাইড অনুঘটকরূপে কাজ করে। বিক্রিয়ায় প্রাথমিক স্তরে উহা বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত বাদামীবর্ণের একটি অন্তর্বর্তী যুত-যৌগ গঠন করে। পরে তাপপ্রভাবে ঐ যুত-যৌগ বিযোজিত হইয়া ক্লোরোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয়। অনুরূপ বিক্রিয়ায়, বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত কিউপ্রাস ব্রোমাইড ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ব্রোমোবেঞ্জিন উৎপন্ন হয় এবং বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত কিউপ্রাস সায়ানাইড ও সোডিয়াম (বা পটাশিয়াম) সায়ানাইডের বিক্রিয়ায় সায়ানো-বেঞ্জিন বা বেঞ্জোনাইট্রাইল উৎপন্ন হয়। উপরোক্ত প্রতিক্ষেত্রেই কিউপ্রাস লবণ অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করে। এই বিক্রিয়াকে **স্যাণ্ডমায়ার বিক্রিয়া** বলা হয়।

$$C_6H_5N=N.Cl+Cu_2Cl_2+HCl \rightarrow C_6H_5Cl+N_2+HCl+Cu_2Cl_2\ ;$$
$$C_6H_5N=N.Cl+Cu_2Br_2+HBr \rightarrow C_6H_5Br+N_2+HCl+Cu_2Br_2\ ;$$

$$C_6H_5N=N.Cl+Cu_2(CN)_2+NaCN$$
$$\rightarrow -C_6H_5CN+N_2+NaCl+Cu_2(CN)_2.$$
(সায়ানোবেঞ্জিন)

প্রশ্ন ৪। পরীক্ষাগারে নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিরূপে প্রস্তুত করা হয় ?

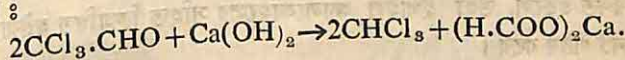
(*a*) ক্লোরোফর্ম ; (*b*) ডাই-ইথাইল ইথার ; (*c*) অ্যাসেট্যালডিহাইড ; (*d*) অ্যাসি-টোন ; (*e*) ইথাইল অ্যাসিটেট।

প্রতিটি যৌগের প্রধান প্রধান ব্যবহারগুলি লিখ।

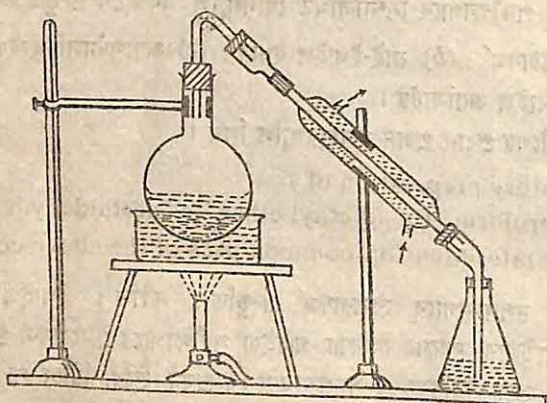
[Laboratory preparation of :
(*a*) Chloroform (*b*) diethyl ether (*c*) acetaldehyde (*d*) acetone (*e*) ethyl acetate. Mention common uses of the above compounds.]

উঃ। (*a*) রসায়নাগারে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতি ঃ নীতি ঃ ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত ব্লিচিং পাউডার দ্রবণের বিক্রিয়া ঘটাইয়া পরীক্ষাগারে ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয়। চারটি বিভিন্ন স্তরে বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়। প্রথম স্তরে, ব্লিচিং পাউডার জল দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও ক্লোরিন উৎপন্ন করে ঃ

$Ca(OCl)Cl+H_2O \rightarrow Ca(OH)_2+Cl_2$. বিক্রিয়ার দ্বিতীয় স্তরে. ইথাইল অ্যালকোহল ক্লোরিন দ্বারা জারিত হইয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয় ঃ $C_2H_5OH+Cl_2 \rightarrow CH_3.CHO+2HCl$. বিক্রিয়ার তৃতীয় স্তরে অ্যাসিট্যালডিহাইড ক্লোরিনের সহিত ক্রিয়ান্বিত হইয়া ট্রাই-ক্লোরো-অ্যাসিট্যালডিহাইড (বা ক্লোর্যাল) গঠন করে ঃ $CH_3CHO+3Cl_2 \rightarrow CCl_3.CHO+3HCl$. বিক্রিয়ার সর্বশেষ স্তরে ক্লোর্যাল ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্বারা [ব্লিচিং পাউডারের আর্দ্র-বিশ্লেষণে (বিক্রিয়ার প্রথম স্তরে) উৎপন্ন] আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ক্লোরোফর্ম ও ক্যালসিয়াম ফর্মেট গঠন করে ঃ

$$2CCl_3.CHO+Ca(OH)_2 \rightarrow 2CHCl_3+(H.COO)_2Ca.$$

পদ্ধতি ঃ 1 লিটার আয়তনের একটি গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে, 400 ml. জলে 100 গ্রাম ব্লিচিং পাউডার দ্রবীভূত করিয়া একটি পাতলা লেই প্রস্তুত করা হয়। ইহার সহিত 25 ml. ইথাইল অ্যালকোহল মিশাইয়া ফ্লাস্কের মুখটিকে একটি ছিপি দ্বারা বন্ধ করা হয়। এই ছিপির সহিত একটি নির্গম-নল ও সেই সঙ্গে একটি শীতক যুক্ত থাকে। শীতকের ভিতর দিয়া ঠাণ্ডা জল (বরফ-জল) প্রবাহিত করা হয়। শীতকের অপর প্রান্ত একটি সংযোজক-নলের (adapter) সাহায্যে সংগ্রহ-পাত্রের সহিত সংযুক্ত করা হয়।

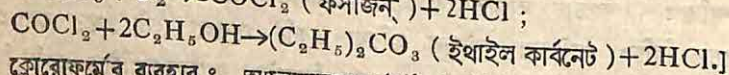
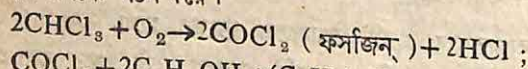
বিক্রিয়কসহ ফ্লাস্কটিকে একটি জলগাহের উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন হইয়া শীতকের ভিতর দিয়া সংগ্রহ-পাত্রে জলের নীচে সঞ্চিত হয়। ক্লোরোফর্ম নির্গমন শেষ হইলে উত্তাপন বন্ধ করা হয় এবং সংগ্রহ-পাত্রে

সঞ্চিত জল ও ক্লোরোফর্মের মিশ্রণকে (ইহারা পরস্পর অদ্রাব্য বলিয়া দুইটি বিভিন্ন স্তরে অবস্থান করে) একটি বিচ্ছেদী ফানেল (separating funnel) দ্বারা পৃথক্ করা হয়। নিম্নের স্তরের ক্লোরোফর্মকে সংগ্রহ করিয়া উহাকে কয়েকবার লঘু

ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতি

কস্টিক সোডা দ্রবণ দ্বারা ও পরে জল দ্বারা উত্তমরূপে ধৌত করা হয়। ইহার পর আর্দ্র ক্লোরোফর্মকে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শুষ্ক করিয়া পুনরায় পাতিত করা হয় এবং 60°C – 62°C তাপমাত্রায় পাতিত অংশ সংগ্রহ করা হয়। ইহাই বিশুদ্ধ ক্লোরোফর্ম।

*[**ক্লোরোফর্ম সংরক্ষণ :** সূর্যালোকের বর্তমানে বায়ুদ্বারা ক্লোরোফর্ম জারিত হইয়া বিষাক্ত ফস্‌জিন্ বা কার্বনিল ক্লোরাইড গঠন করে। সেইজন্য ক্লোরোফর্মকে ঘন বাদামী বর্ণের বোতলে উত্তমরূপে ছিপিবদ্ধ করিয়া রাখা হয়। কোন প্রকারে ক্লোরোফর্ম ফসজিনে পরিণত হইলে, উহা ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত ক্রিয়ান্বিত হইয়া অ-বিষাক্ত ইথাইল কার্বনেট গঠন করে।

$2CHCl_3 + O_2 \rightarrow 2COCl_2$ (ফসজিন্) + $2HCl$;

$COCl_2 + 2C_2H_5OH \rightarrow (C_2H_5)_2CO_3$ (ইথাইল কার্বনেট) + $2HCl$.]

ক্লোরোফর্মের ব্যবহার : অ্যালকালয়েড (alkaloid) শ্রেণীর জৈব যৌগ, তৈল ও চর্বিজাতীয় পদার্থ, রেজিন প্রভৃতির দ্রাবকরূপে শিল্পক্ষেত্রে ক্লোরোফর্ম ব্যবহৃত হয়। চেতনা-নাশকরূপে, ঔষধি প্রস্তুতিতে এবং সিল্ক ও পশমী জামা-কাপড় কাচিতেও ক্লোরোফর্ম ব্যবহৃত হয়।

(*b*) **পরীক্ষাগারে ডাই-ইথাইল ইথার প্রস্তুতি : নীতি :** অতিরিক্ত পরিমাণ ইথাইল অ্যালকোহলকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশাইয়া মিশ্রণটিকে 140°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ডাই-ইথাইল ইথার প্রস্তুত হয়। এই বিক্রিয়ায় ঘন H_2SO_4 দুই অণু ইথাইল অ্যালকোহল হইতে এক অণু জল অপসারিত করে। বিক্রিয়াটি দুইটি স্তরে সম্পন্ন হয়। প্রাথমিক স্তরে নিম্ন তাপমাত্রায় ইথাইল অ্যালকোহল

ও ঘন H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ($C_2H_5.HSO_4$) গঠিত হয়। দ্বিতীয় স্তরে, ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত বিক্রিয়ায় ডাই-ইথাইল ইথার ও সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করেঃ $C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5.HSO_4$; $C_2H_5.HSO_4 + C_2H_5OH \rightarrow C_2H_5.O.C_2H_5 + H_2SO_4$. [বা, $2C_2H_5OH + H_2SO_4 \rightarrow C_2H_5.O.C_2H_5 + H_2O$.]

[উপরোক্ত বিক্রিয়ার দ্বিতীয় স্তরে ব্যবহৃত H_2SO_4 পুনরুৎপাদিত হয়। সুতরাং, তত্ত্বের দিক দিয়া বলা যায় যে, একবার বিক্রিয়া সুরু করিয়া মাঝে মাঝে বিক্রিয়া-পাত্রে ইথাইল অ্যালকোহল যুক্ত করিলেই নিরবচ্ছিন্নভাবে এই পদ্ধতিতে ডাই-ইথাইল ইথার প্রস্তুত করা সম্ভবপর। কিন্তু, কার্যক্ষেত্রে ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত কিছুটা ঘন H_2SO_4 যুক্ত করিতে হয়। কারণ, বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জল ঘন H_2SO_4-কে খানিকটা লঘু করিয়া দিয়া উহার নিরুদনের ক্ষমতা কমাইয়া দেয় এবং এই বিক্রিয়ায় কিছু পরিমাণ H_2SO_4 বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।]

পদ্ধতি : 500 ml. আয়তন-বিশিষ্ট ও পার্শ্বনল-যুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে সম-আয়তন (50 ml.) ইথাইল অ্যালকোহল ও ঘন H_2SO_4 লওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখটি একটি ছিপি দ্বারা বন্ধ করা হয় এবং উহার ভিতর দিয়া একটি থার্মোমিটার ও একটি বিন্দুপাতী ফানেল যুক্ত করা হয়। থার্মোমিটারের পারদ-বাল্ব ও বিন্দুপাতী

পরীক্ষাগারে ডাই-ইথাইল ইথার প্রস্তুতি

ফানেলের শেষপ্রান্ত ফ্লাস্কের তরলে ডুবানো থাকে। ফ্লাস্কের পার্শ্বনলের সহিত একটি শীতক যুক্ত করা হয় এবং উহার ভিতর দিয়া শীতল জল (বরফ-জল) প্রবাহিত করা হয়। শীতকের অপর প্রান্ত একটি সংযোজক-নলের (adapter) সাহায্যে পার্শ্বনল-যুক্ত অপর একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে যুক্ত করা হয়। এই কনিক্যাল ফ্লাস্কটি সংগ্রহ-পাত্ররূপে ব্যবহৃত হয়। ইহাকে একটি হিম-মিশ্রণের মধ্যে বসানো হয় এবং ইহার পার্শ্বনলের সহিত একটি রবারের নল যুক্ত করিয়া উহার শেষপ্রান্ত পরীক্ষাগারের বাহিরে উন্মুক্ত

বায়ুতে রাখা হয়। [ইথার সহজেই বাষ্পীভূত হয় এবং এই বাষ্প অতি-দাহ্য। পরীক্ষাগারের দীপশিখায় যাহাতে ইথার-বাষ্প প্রজ্বলিত হইয়া দুর্ঘটনা না ঘটায়, সেইজন্য সম্ভাব্য ইথার-বাষ্পকে বাহিরে পাঠাইবার জন্য এই ব্যবস্থা করা হয়।] বিক্রিয়া-পাত্রটিকে বালুকা-গাহে স্থাপন করিয়া উহাকে উত্তপ্ত করা হয়। মিশ্রণের তাপমাত্রা 140°C হইলেই ইথার উৎপন্ন হইয়া পাতিত হয়। ইথারের উৎপাদন মন্দীভূত হইলে বিন্দুপাতী ফানেলের ভিতর দিয়া ইথাইল অ্যালকোহল ফ্লাস্কে ঢালা হয়। [যে মাত্রায় তরল ইথার পাতিত হয়, সেই মাত্রায় ফ্লাস্কে অ্যালকোহল ঢালা হয়।] এইরূপে অবিচ্ছিন্নভাবে ইথার প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়া চলাকালীন ফ্লাস্কের তরলের তাপমাত্রা সর্বদা 140°—150°C-এর মধ্যে রাখা হয়।

বিশুদ্ধীকরণ ঃ এই পদ্ধতিতে যে ইথার প্রস্তুত হয়, তাহা সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ নহে। ইহাতে অল্প পরিমাণ ইথাইল অ্যালকোহল, SO_2 (সালফিউরাস অ্যাসিড ; অ্যালকোহল কর্তৃক H_2SO_4-এর বিজারণে ইহা গঠিত হয়) ও জল বর্তমান থাকে। একটি বিচ্ছেদী ফানেলে এই ইথারকে প্রথমে কষ্টিক সোডার লঘু জলীয় দ্রবণ দ্বারা ধৌত করা হয় এবং জলীয় স্তরকে অপসারিত করিয়া ইথারকে জল দ্বারা ভালভাবে ধৌত করা হয়। জলের স্তরকে অপসারিত করিয়া আর্দ্র ইথারকে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (কঠিনাকার) দ্বারা শুষ্ক করা হয় এবং শুষ্ক ইথারকে জলগাহ হইতে পাতিত করা হয়। পাতিত তরলের দুই-এক টুকরা ধাতব সোডিয়াম যুক্ত করিয়া ইথারে বর্তমান শেষ জলবিন্দুকে বিদূরিত করা হয়।

সাবধানতা ঃ [(i) ইথার ও ইহার বাষ্প অতি দাহ্য পদার্থ। সুতরাং, অগ্নিশিখার সান্নিধ্য হইতে ইহাকে দূরে রাখা প্রয়োজন। (ii) বিক্রিয়াকালে তাপমাত্রা যাহাতে 140°—150°C-এর মধ্যে থাকে সেদিকে লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন। তাপমাত্রা বর্ধিত হইলে কিছু পরিমাণ ইথিলিন উৎপন্ন হয়। (iii) থার্মোমিটারের পারদ-বাল্ব ও বিন্দুপাতী ফানেলের শেষ প্রান্ত ফ্লাস্কের তরলে ডুবাইয়া রাখা প্রয়োজন।]

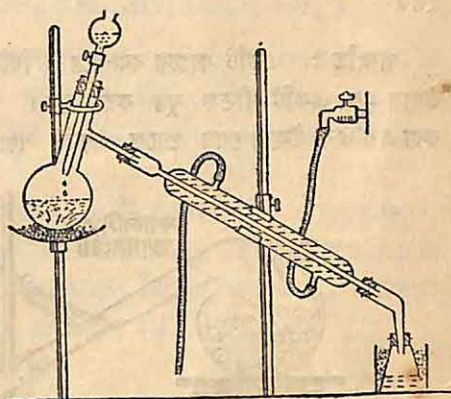
ইথারের ব্যবহার ঃ তৈল, চর্বি, রেজিন প্রভৃতি বহু জৈব পদার্থের উত্তম দ্রাবকরূপে ডাই-ইথাইল ইথার ব্যবহৃত হয়। অপক্ষালন পদ্ধতিতে জলীয় দ্রবণ হইতে জৈব পদার্থ নিষ্কাশনে, জৈব রসায়নে নিষ্ক্রিয় বিক্রিয়া-মাধ্যমরূপে, চেতনানাশক বা অবশকারকরূপে ও নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টিতেও ইথারের প্রভূত ব্যবহার বর্তমান।

(c) **পরীক্ষাগারের অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুতি ঃ** ইথাইল অ্যালকোহলকে পটাশিয়াম (বা সোডিয়াম) ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণের দ্বারা সামান্য উত্তাপে জারিত করিয়া পরীক্ষাগারে অ্যাসিট্যালডিহাইড প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$C_2H_5OH \xrightarrow[(K_2Cr_2O_7+H_2SO_4)]{[O]} CH_3.CHO+H_2O.$$

বিক্রিয়াকালীন তাপমাত্রায় অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হওয়া মাত্র বিক্রিয়া-পাত্র হইতে গ্যাসরূপে নির্গত

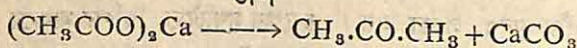
হইয়া যায় এবং ইহার ফলে উহার পরবর্তী জারণ (অ্যাসেটিক অ্যাসিড রূপে) নিবারিত হয়।

পদ্ধতি : একটি গোলতল কাচের পাতন-ফ্লাস্কে পটাশিয়াম (বা সোডিয়াম) ডাইক্রোমেটের ঘন জলীয় দ্রবণ লওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখটিতে ছিপির মাধ্যমে একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও একটি থার্মোমিটার যুক্ত থাকে ; উভয়ের শেষপ্রান্ত ফ্লাস্কের তরলে ডুবানো থাকে। পাতন-পাত্রের পার্শ্বনলের সহিত একটি শীতক যুক্ত করা হয় এবং উহার শেষপ্রান্ত একটি সংযোজক-নলের মাধ্যমে সংগ্রহ-পাত্রের সহিত যুক্ত থাকে। শীতকের ভিতর দিয়া বরফ-জল প্রবাহিত করা হয় এবং সংগ্রহ-পাত্রকে বরফ-কুচি দ্বারা শীতল করা হয়। বিন্দুপাতী ফানেলে ইথাইল অ্যালকোহল ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ (5 ঃ 3 আয়তনের অনুপাতে) লইয়া উহা ধীরে ধীরে ফ্লাস্কের তরলে যুক্ত করা হয় এবং ফ্লাস্কটিকে একটি বালি-গাহে অল্প উত্তপ্ত করা হয়। ইথাইল অ্যালকোহল জারিত হইয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয় ; উহার স্ফুটনাংকের মান অতি নিম্ন (21°C) বলিয়া বাষ্পের আকারে জলীয় বাষ্প ও কিছু ইথাইল অ্যালকোহল বাষ্পের সহিত শীতকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া ইহা ঘনীভূত তরলের আকারে সংগ্রহ-পাত্রে সঞ্চিত হয়।

পরীক্ষাগারে অ্যাসিটালডিহাইড প্রস্তুতি

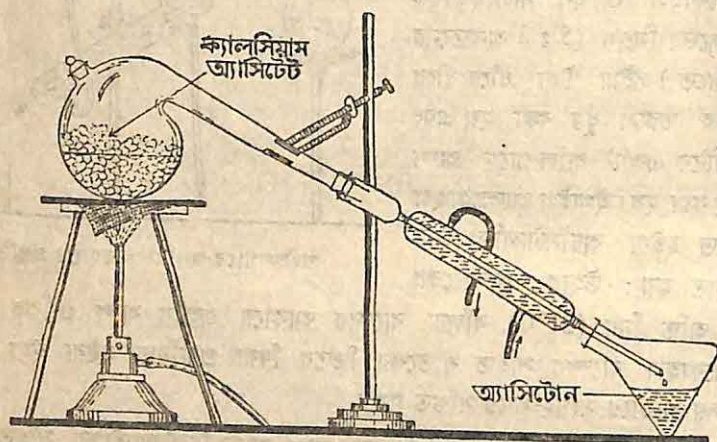
বিশুদ্ধীকরণ : উপরোক্ত পদ্ধতিতে প্রাপ্ত অ্যাসিট্যালডিহাইডের সহিত জল ও কিছু পরিমাণ ইথাইল অ্যালকোহল বর্তমান থাকে। পাতিত তরলকে জলশোষক (যথা, অনার্দ্র Na_2SO_4) দ্বারা আংশিকভাবে শুষ্ক করিয়া জলগাহ হইতে পাতিত করা হয় (20° – 21°C)। উৎপন্ন অ্যাসিট্যালডিহাইড-বাষ্পকে শুষ্ক ইথারে শোষিত করিয়া ঐ ইথার-দ্রবণে শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। দ্রবণটি অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্ত হইলে বর্ণহীন কেলাসের আকারে অ্যাসিট্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়া যুত-যৌগ অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে ছাঁকিয়া লইয়া ও শুষ্ক করিয়া ঘন H_2SO_4-সহ পাতিত করিলে বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

অ্যাসিট্যালডিহাইডের ব্যবহার : ইথাইল অ্যাসিটেট, অ্যালডল, অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রভৃতির শিল্পোৎপাদনে, ঔষধ প্রস্তুতিতে (প্যারা-অ্যালডিহাইড) বা স্টোভের কঠিনাকার জ্বালানী (মেটা-অ্যালডিহাইড) প্রস্তুতিতে ও রঞ্জন-শিল্পে অ্যাসিট্যালডিহাইড ব্যবহৃত হয়।

(d) পরীক্ষাগারে অ্যাসিটোন প্রস্তুতি : নীতি : শুষ্ক ও বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে তাপ-বিযোজিত করিয়া পরীক্ষাগারে অ্যাসিটোন প্রস্তুত করা হয় :

$$(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{\text{তাপ}} CH_3.CO.CH_3 + CaCO_3$$

(ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট) (অ্যাসিটোন)

উৎপন্ন অ্যাসিটোন উদ্বায়িত হইয়া শীতকের মাধ্যমে তরল হয় এবং সংগ্রহ-পাত্রে সঞ্চিত হয়।

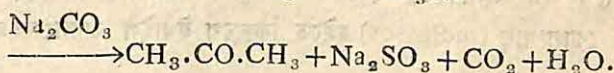
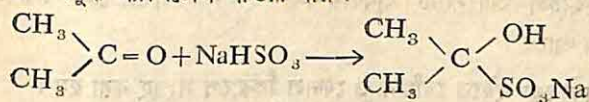
পদ্ধতি : একটি কাচের বক-যন্ত্রে (রিটর্টে) শুষ্ক ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট লইয়া উহার মুখে একটি শীতক যুক্ত করা হয়। শীতকের ভিতর দিয়া বরফ-জল প্রবাহিত করা হয় এবং উহার শেষ প্রান্তে একটি সংগ্রহ-পাত্র স্থাপিত করা হয়। বক-যন্ত্রটিকে

পরীক্ষাগারে অ্যাসিটোন প্রস্তুতি

তার-জালের উপর রাখিয়া একটি স্ট্যাণ্ডে আটকাইয়া দেওয়া হয় এবং বুনসেন দীপের সাহায্যে উহাকে উত্তপ্ত করা হয়। তাপ-প্রভাবে ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট বিযোজিত হইয়া অ্যাসিটোন উৎপন্ন করে এবং উহা বাষ্পাকারে শীতকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার ফলে তরলে পরিণত হয় এবং সংগ্রহ পাত্রে সঞ্চিত হয়।

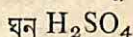
বিশুদ্ধীকরণ : উপরোক্ত পদ্ধতিতে প্রস্তুত অ্যাসিটোন বিশুদ্ধ নহে। ইহাকে বিশুদ্ধ করিতে, ইহার সহিত সম্পৃক্ত সোডিয়াম বাই-সালফাইটের জলীয় দ্রবণ মিশাইয়া ঝাঁকানো হয়। ইহার ফলে সাদাবর্ণের কেলাসাকার যুত-যৌগ (অ্যাসিটোন সোডিয়াম বাই-সালফাইট) অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপকে ছাঁকিয়া লইয়া সোডিয়াম কার্বনেটের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ সহ পাতিত করা হয়। পাতিত তরলরূপে অ্যাসিটোন সংগ্রহ করা

হয়। ইহাকে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা জলশূন্য করিয়া পুনরায় পাতিত করিলে বিশুদ্ধ অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \rangle C=O + NaHSO_3 \longrightarrow \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \rangle C \langle \begin{matrix} OH \\ SO_3Na \end{matrix}$$

$$\xrightarrow{Na_2CO_3} CH_3.CO.CH_3 + Na_2SO_3 + CO_2 + H_2O.$$

অ্যাসিটোনের ব্যবহার ঃ বিভিন্ন শিল্পে দ্রাবকরূপে, সুগন্ধি, নখ-পালিশ, ধূম্রহীন বারুদ (smokeless powder), অভঙ্গুর কাচ্ (plexiglass) প্রভৃতি দ্রব্য এবং ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম প্রভৃতি বিশেষ ধরনের ঔষধ ইত্যাদি প্রস্তুতিতে অ্যাসিটোন প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

(e) **পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুতি ঃ নীতি ঃ** জল-শোষক ও অনুঘটকরূপে অল্প পরিমাণ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অনার্দ্র ইথাইল অ্যালকোহল ও গ্লেসিয়েল অ্যাসেটিক অ্যাসিডের একটি সম-আয়তনের মিশ্রণকে জলগাহে 2 ঘণ্টাকাল উত্তপ্ত করিয়া পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \underset{}{\overset{\text{ঘন } H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} CH_3.COOC_2H_5 + H_2O.$$

এই বিক্রিয়াটি উভমুখী ; উৎপন্ন জলকে ঘন H_2SO_4 শোষিত করিয়া বিক্রিয়াটিকে সম্মুখবর্তী করিতে সাহায্য করে।

পদ্ধতি ঃ একটি গোলতল ফ্লাস্কে সম-আয়তন (প্রতিটি $\sim$100 ml.) অনার্দ্র ইথাইল অ্যালকোহল ও গ্লেসিয়েল অ্যাসেটিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লইয়া উহাতে 25 ml. ঘন H_2SO_4 মিশানো হয়। ফ্লাস্কটির মুখে একটি ছিপি লাগাইয়া উহার ভিতর একটি শীতক খাড়াভাবে সংযুক্ত করা হয়। শীতকের ভিতর দিয়া জল প্রবাহিত করা হয় এবং উহার শীর্ষদেশে গলিত $CaCl_2$-পূর্ণ একটি রক্ষক-নল যুক্ত করা হয়। অতঃপর ফ্লাস্কটিকে একটি উত্তপ্ত জলগাহে বসাইয়া মিশ্রণটিকে প্রায় 2 ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয়। এইরূপে উত্তপ্ত করিবার পর মিশ্রণটিকে ঠাণ্ডা করিয়া প্রায় 1 লিটার শীতল জলে ঢালিয়া দেওয়া হয় এবং উহাতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের ঘন জলীয় দ্রবণ মিশানো হয়। উৎপন্ন ইথাইল অ্যাসিটেট তেলের ন্যায় একটি স্তর গঠন করিয়া মিশ্রণের উপরে ভাসিয়া উঠে। একটি বিচ্ছেদী ফানেলের সাহায্যে এই স্তরটিকে পৃথক করা হয় এবং উহাকে লঘু Na_2CO_3-দ্রবণ দ্বারা ধৌত করা হয় (মুক্ত অ্যাসিড বিদূরিত করিতে)। বিচ্ছেদী ফানেলকে স্থির ভাবে কিছুক্ষণ রাখিয়া জলীয় স্তরকে সরাইয়া দেওয়া হয় এবং পরে তৈলাক্ত স্তরটিকে ২-৩ বার জল দ্বারা ধৌত করা হয়। এই এষ্টারের স্তরটিকে পৃথক করিয়া উহাকে গলিত $CaCl_2$ দ্বারা জলমুক্ত করা হয় এবং স্বচ্ছ তৈলাক্ত তরলটিকে $77^\circ - 80^\circ$ তাপমাত্রায় পাতিত করিয়া সংগ্রহ করা হয়। ইহাই বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যাসিটেট।

ইথাইল অ্যাসিটেটের ব্যবহার ঃ সুগন্ধি দ্রব্য ও ঔষধ প্রস্তুতিতে, কৃত্রিম রং প্রস্তুতিতে এবং উৎকৃষ্ট দ্রাবকরূপে ইথাইল অ্যাসিটেট ব্যবহার করা হয়। বিভিন্ন জৈব যৌগের সংশ্লেষণেও ইহার ব্যবহার আছে।

প্রশ্ন ৫। (a) **আলকাতরা হইতে বেঞ্জিন ও ফেনল কিরূপে সংগ্রহ করা হয়।**

(b) **ঝোলাগুড় (molasses) হইতে কিরূপে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়?**

(c) **বেঞ্জিন হইতে কিরূপে (i) নাইট্রোবেঞ্জিন এবং (ii) অ্যানিলিন প্রস্তুত করা হয়?**

[(a) Isolation of benzene and phenol from coal tar.

(b) Preparation of ethyl alcohol from molasses.

(c) Preparation of (1) nitrobenzene (2) aniline from benzene.]

উত্তর। (a) **আলকাতরা হইতে বেঞ্জিনের শিল্পোৎপাদন ঃ** আলকাতরার আংশিক পাতনের ফলে 170°C পর্যন্ত হলুদ বর্ণের যে তরল পদার্থ সংগ্রহ করা হয়, তাহাকে লঘু তেল বা অশোধিত ন্যাপথা (Light oil or crude naphtha) বলা হয়। এই লঘু তেলই বেঞ্জিনের শিল্পোৎপাদনের উৎস। ইহাতে বেঞ্জিন ব্যতীত টলুইন, জাইলিন প্রভৃতি হাইড্রোকার্বন, ফেনল জাতীয় আম্লিক যৌগ ও পিরিডিন জাতীয় ক্ষারীয় যৌগও বর্তমান থাকে।

লঘু তেলকে প্রথমে 70°C তাপমাত্রায় পাতিত করিয়া সংগৃহীত তরল পদার্থকে পৃথক করা হয়। অবশিষ্ট তরলকে ঠাণ্ডা করিয়া উহাকে প্রথমে ঘন H_2SO_4 দ্বারা উত্তমরূপে ধৌত করা হয়। ইহাতে ক্ষারীয় অপদ্রব্যগুলি প্রশমিত হইয়া পৃথক হয়। তরলের অ্যাসিড-স্তরকে সরাইয়া দিয়া তৈলাক্ত স্তরটিকে উত্তমরূপে জল দ্বারা ধৌত করা হয়।

পরবর্তী পর্যায়ে অ্যাসিড ও জল দ্বারা ধৌত তেলটিকে 10% কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণ দ্বারা ধৌত করা হয় এবং পরে জল দ্বারা উত্তমরূপে ধৌত করিয়া জলীয় স্তরকে পৃথক করা হয়। ইহার ফলে তরলে অবস্থিত আম্লিক অপদ্রব্যগুলি দূরীভূত হয়। এইরূপে পরিষ্কৃত লঘু তৈলের অংশকে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় পাতিত করিয়া 70°– 110°C তাপমাত্রায় উদ্বায়িত অংশকে তরলিত করিয়া সংগ্রহ করা হয়। ইহাকে 90% **বেঞ্জল** বলে। '90% বেঞ্জল'কে 80°–82°C তাপমাত্রায় পাতিত করিয়া বেঞ্জিনের শিল্পোৎপাদন করা হয়। পাতিত তরলকে হিম মিশ্রণে শীতল করিলে বেঞ্জিনের কেলাস পাওয়া যায়। উহাদিগকে মাতৃ-দ্রবণ হইতে পৃথক করিয়া পুনরায় পাতিত করিলে বিশুদ্ধ বেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।

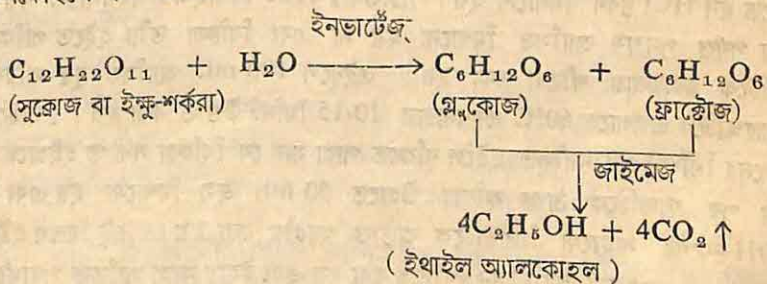
আলকাতরা হইতে ফেনল প্রস্তুতি (বা, ফেনলের শিল্পোৎপাদন)।

আলকাতরার পাতনে যে বিভিন্ন তরল অংশ পাওয়া যায়, তাহাদের মধ্যে 170°– 230°C তাপমাত্রায় পাতিত অংশকে **মধ্যম তেল** (Middle oil) বা **কার্বলিক তেল**

(Carbolic oil) বলা হয়। এই অংশের পরিমাণ গৃহীত আলকাতরার প্রায় 8 – 10%. ইহার মধ্যে ন্যাপথালিন হাইড্রোকার্বন, কার্বলিক অ্যাসিড ও অন্যান্য ফেনল ও পিরিডিন জাতীয় অ্যারোমেটিক যৌগ বর্তমান থাকে। তন্মধ্যে কার্বলিক অ্যাসিড ও অন্যান্য ফেনলের পরিমাণ 25 – 40%। যান্ত্রিক পদ্ধতিতে (সেণ্ট্রিফিউজ করিয়া) প্রথমে এই মধ্যম তেল হইতে ন্যাপথালিনকে কেলাসাকারে পৃথক করা হয়। অবশিষ্ট তরলকে 10% কষ্টিক সোডা দ্রবণসহ উত্তমরূপে আলোড়িত করা হয়। ইহার ফলে ফেনলসমূহ উহাদের সোডিয়াম লবণে পরিণত হইয়া দ্রবীভূত হয়। অদ্রাব্য অপদ্রব্য হইতে নির্মল জলীয় দ্রবণকে পৃথক করিয়া লইয়া অতিরিক্ত পরিমাণে লঘু H_2SO_4 মিশাইয়া উহাকে আম্লিক করা হয়। ইহাতে সোডিয়াম লবণ হইতে ফেনলগুলি মুক্ত হয়। মুক্ত ফেনলগুলিকে পৃথক করিয়া আংশিক পাতনের সাহায্যে 180° – 182°C তাপমাত্রায় কার্বলিক অ্যাসিড (বা সাধারণ ফেনল, C_6H_5OH) সংগ্রহ করা হয়। এই তাপমাত্রায় পাতিত তরলকে শীতল করিলে ফেনলের বর্ণহীন কেলাস পাওয়া যায়।

(b) **ইথাইল অ্যালকোহলের শিল্পোৎপাদন ঃ ঝোলা গুড় (molasses) হইতে ঃ** চিনি-শিল্পে আখের রস হইতে চিনি (cane sugar) কেলাসিত করিয়া লইবার পর পরিত্যক্ত পদার্থরূপে ঝোলাগুড় পড়িয়া থাকে। ইহাতে অল্প মাত্রায় ইক্ষু-চিনি বর্তমান থাকে বটে, কিন্তু প্রচলিত পদ্ধতিতে উহাকে নিষ্কাশিত করা যায় না। ঝোলা গুড়ে জল মিশাইয়া একটি লঘু দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং উহাকে 30°—40°C তাপমাত্রায় রাখিয়া উহাতে ঈষ্ট মিশানো হয়। প্রায় সঙ্গে সঙ্গেই সন্ধান-ক্রিয়া আরম্ভ হয়। এই অবস্থায় মিশ্রণটিকে 35—40 ঘণ্টা রাখিয়া দিলে সন্ধান-ক্রিয়া সমাপ্ত হয় এবং দ্রবণে সর্বাধিক 13—15% ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। ঈষ্টে বর্তমান ইন্‌ভার্টেজ্‌ (invertase) এন্‌জাইম ইক্ষু-শর্করাকে প্রথমে গ্লুকোজ ও ফ্রাক্টোজে পরিণত করে। পরবর্তী পর্যায়ে ঈষ্টের জাইমেজ্‌ এন্‌জাইম গ্লুকোজ ও ফ্রাক্টোজকে ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত করে ঃ

$$\underset{\text{(সুক্রোজ বা ইক্ষু-শর্করা)}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{ইনভার্টেজ্‌}} \underset{\text{(গ্লুকোজ)}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{(ফ্রাক্টোজ)}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$\xrightarrow{\text{জাইমেজ}} \underset{\text{(ইথাইল অ্যালকোহল)}}{4C_2H_5OH} + 4CO_2\uparrow$$

উৎপন্ন ইথাইল অ্যালকোহলের লঘু দ্রবণকে পাতন-পদ্ধতিতে ঘনতর করিয়া রেক্টিফায়েড স্পিরিটে পরিণত করা হয় এবং পরে, প্রয়োজনবোধে উহা হইতে অনার্দ্র অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়।

(c) **বেঞ্জিন হইতে (i) নাইট্রোবেঞ্জিন ও (ii) অ্যানিলিন প্রস্তুতি ঃ**

(i) **নাইট্রোবেঞ্জিন প্রস্তুতি ঃ** একটি 500 ml. আয়তনের গোলতল ফ্লাস্কে 80 ml. ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও 100 ml. ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া একটি বিন্দুপাতী ফানেলের সাহায্যে ধীরে ধীরে উহার সহিত 50 ml. শুষ্ক বেঞ্জিন মিশ্রিত করা হয়। বেঞ্জিন মিশাইবার সময়ে মিশ্রণটিকে উত্তমরূপে ধীরে ধীরে আলোড়িত করা হয় এবং এই অবস্থায় মিশ্রণের তাপমাত্রা বর্ধিত হইলে ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা জলে বসাইয়া শীতল করা হয়। লক্ষ্য রাখা হয়, যাহাতে মিশ্রণের তাপমাত্রা 80°C-এর উর্ধ্বে না উঠে। এইরূপে বেঞ্জিন মিশানো সমাপ্ত হইলে ফ্লাস্কটিকে একটি উত্তপ্ত জলগাহে বসাইয়া 10-15 মিনিট উত্তপ্ত করা হয় এবং পরে ঠাণ্ডা করা হয়। এই সময়ে ফ্লাস্কের ভিতরের তরল দুইটি স্তরে পৃথক হয়। বিচ্ছেদক ফানেলের সাহায্যে নিম্নস্থিত অ্যাসিডের স্তরটিকে অপসারিত করিয়া অবশিষ্ট তৈলাক্ত স্তরটিকে প্রথমে জল দ্বারা এবং পরে লঘু সোডিয়াম কার্বনেট দ্বারা উত্তমরূপে ধৌত করা হয়। অতঃপর উহাকে পুনরায় জলদ্বারা ধৌত করা হয়। পরিষ্কৃত তৈলাক্ত স্তরটিকে সংগ্রহ করিয়া উহাকে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে রাখিয়া শুষ্ক করা হয় এবং পরে পাতিত করা হয়। 205°—210°C তাপমাত্রায় যে তরল অংশ পাতিত হয়, তাহাই বিশুদ্ধ নাইট্রোবেঞ্জিন।

(ii) **অ্যানিলিন প্রস্তুতি ঃ** বেঞ্জিনকে ঘন H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে ঘন HNO_3 সহ 80°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোবেঞ্জিন প্রস্তুত করা হয়। [উপরের (i) নং প্রস্তুতি-পদ্ধতি দেখ।] নাইট্রোবেঞ্জিনকে ধাতব টিন ও ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করিলে উহা বিজারিত হইয়া অ্যানিলিন গঠন করে।

পদ্ধতি ঃ উল্লম্ব শীতক ও বিন্দুপাতী ফানেল সংযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে নাইট্রোবেঞ্জিন (25 গ্রাম) ও টিনের টুকরা (50 গ্রাম) লইয়া উহাকে জলগাহে (60°C-এর নিম্নে) উত্তপ্ত করা হয় এবং বিন্দুপাতী ফানেলের মাধ্যমে অল্প অল্প করিয়া উহাতে ঘন HCl দ্রবণ মিশানো হয়। প্রতিবার HCl মিশাইবার পর বিক্রিয়া বন্ধ না হওয়া পর্যন্ত পুনরায় অ্যাসিড মিশানো হয় না এবং বিক্রিয়া তীব্র হইতে থাকিলে ফ্লাস্কটিকে জলধারায় শীতল করা হয়। এইরূপে 100 ml. অ্যাসিড যুক্ত করিবার পর ফ্লাস্কটিকে জলগাহে 60°C তাপমাত্রায় 10-15 মিনিট উত্তপ্ত করা হয়। [নাইট্রো-বেঞ্জিনের বিশিষ্ট গন্ধ দূরীভূত হইলে বুঝিতে পারা যায় যে বিক্রিয়া সমাপ্ত হইয়াছে।] ইহার পর ফ্লাস্কটিকে ঠাণ্ডা করিয়া উহাতে 50 ml. জল মিশানো হয় এবং ঘন NaOH-দ্রবণের সাহায্যে মিশ্রণটিকে অত্যন্ত ক্ষারীয় করা হয়। এই মিশ্রণ হইতে বাষ্প-পাতনের সাহায্যে অ্যানিলিন পাতিত করা হয় এবং ইহার ফলে পাতিত পদার্থরূপে অ্যানিলিন ও জলের একটি মিশ্রণ পাওয়া যায়। এই মিশ্রণে কঠিনাকার NaCl মিশাইয়া উত্তমরূপে ঝাঁকানো হয়। ইহার ফলে, অ্যানিলিনের ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের দুইটি পৃথক স্তর গঠিত হয়। উপরিস্থিত তৈলাক্ত অ্যানিলিনের স্তরকে

বিচ্ছেদী ফানেলের সাহায্যে পৃথক করিয়া লইবার পর নিম্নস্থিত তরলের স্তরকে ইথার সহযোগে ঝাঁকাইয়া উহা হইতে অ্যানিলিনকে সম্পূর্ণরূপে বাহির করিয়া আনা হয়। এক্ষণে, অ্যানিলিন ও উপরোক্ত ইথার-দ্রবণের মিশ্রণকে কঠিনাকার KOH সহযোগে শুষ্ক করিয়া, ঐ শুষ্ক তরলকে আংশিক পাতনের সাহায্যে বিশুদ্ধ অ্যানিলিন পাওয়া যায়। পাতন-ক্রিয়ায় $181°-185°C$ তাপমাত্রায় যে অংশ পাতিত হয়, তাহাই বিশুদ্ধ অ্যানিলিন।

প্রশ্ন ৬। কিরূপে পার্থক্য নির্ণয় করিবে ঃ

(a) মিথাইল অ্যামিন ও অ্যানিলিনের মধ্যে ;
(b) অ্যাসেট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোনের মধ্যে ;
(c) ফর্মিক অ্যাসিড ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডের মধ্যে ;
(d) মিথাইল অ্যালকোহল ও ইথাইল অ্যালকোহলের মধ্যে ;
(e) নাইট্রোবেঞ্জিন ও অ্যানিলিনের মধ্যে।

[Distinguish between :

(a) Methyl amine and aniline ; (b) acetaldehyde and acetone ; (c) formic acid and acetic acid ; (d) methyl alcohol and ethyl alcohol ; (e) nitrobenzene and aniline.]

উত্তর। (a) মিথাইল অ্যামিনে শীতল অবস্থায়, নাইট্রাস অ্যাসিড ($NaNO_2$ + লঘু HCl) দ্রবণ মিশাইলে বুদবুদের আকারে বর্ণহীন নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় ও দ্রবণে মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন দ্রবণে বিটা-ন্যাপথলের ক্ষারীয় দ্রবণ মিশাইলে উহার কোনরূপ পরিবর্তন হয় না। কিন্তু, অ্যানিলিনে শীতল অবস্থায় নাইট্রাস অ্যাসিড দ্রবণ মিশাইলে কোন গ্যাস বুদবুদের আকারে নির্গত হয় না। নাইট্রাস অ্যাসিড অ্যানিলিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ গঠন করে। এই দ্রবণে বিটা-ন্যাপথলের ক্ষারীয় দ্রবণ মিশাইলে একটি লাল অধঃক্ষেপ (অ্যাজো-রং) পড়ে।

(b) অ্যাসেটালডিহাইড বিজারণধর্মী যৌগ ; কিন্তু অ্যাসিটোন বিজারণ ধর্মী যৌগ নয়। সেইজন্য অ্যাসেট্যালডিহাইড-দ্রবণে ফেলিং দ্রবণ মিশাইলে উহা বিজারিত হইয়া লাল বর্ণের কিউপ্রাস অক্সাইডের অধঃক্ষেপে পরিণত হয়। কিন্তু, অ্যাসিটোন ফেলিং দ্রবণকে বিজারিত করিয়া লাল বর্ণের অধঃক্ষেপ গঠন করে না।

(c) ফর্মিক অ্যাসিড বিজারণধর্মী যৌগ, কিন্তু অ্যাসেটিক অ্যাসিড বিজারণধর্মী যৌগ নয়। সেইজন্য ফর্মিক অ্যাসিড দ্রবণে বর্ণহীন মার্কিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইলে শেষোক্ত যৌগটি বিজারিত হইয়া সাদা বর্ণের অদ্রাব্য মার্কিউরাস ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। কিন্তু, অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণে বর্ণহীন মার্কিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইলে কোনরূপ অধঃক্ষেপ পড়ে না।

(d) আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ার সাহায্যে মিথাইল অ্যালকোহল ও ইথাইল অ্যালকোহলের মধ্যে পার্থক্য বুঝা যায়। ইথাইল আলকোহলকে আয়োডিন-দ্রবণ ও কষ্টিক সোডা দ্রবণ সহ সামান্য উত্তপ্ত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে হলুদবর্ণের ও বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্মের কেলাস পাওয়া যায়। কিন্তু, মিথাইল অ্যালকোহলকে আয়োডিন-দ্রবণ ও কষ্টিক সোডা দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে আয়োডোফর্ম গঠিত হয় না।

(e) 2-3 ফোঁটা অ্যানিলিনকে কষ্টিক পটাশের একটি ছোট টুকরা ও 3-4 ফোঁটা ক্লোরোফর্ম সহ উত্তপ্ত করিলে অত্যন্ত দুর্গন্ধযুক্ত কার্বিল অ্যামিন উৎপন্ন হয়। কিন্তু, নাইট্রোবেঞ্জিনকে ঐ রূপে উত্তপ্ত করিলে কার্বিল অ্যামিন গঠিত হয় না; সুতরাং উহার দুর্গন্ধও বাহির হয় না।

প্রশ্ন ৭। জৈব যৌগের সংশ্লেষণে নিম্নলিখিত যৌগগুলির ব্যবহার লিখ :

(a) সোডিয়াম ইথক্সাইড ; (b) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ;

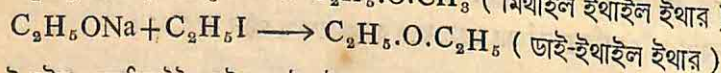
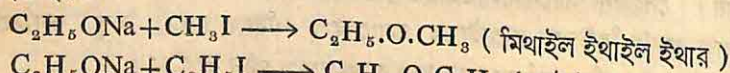
(c) সোডিয়াম ধাতু ; (d) কষ্টিক সোডা ও ব্রোমিন ;

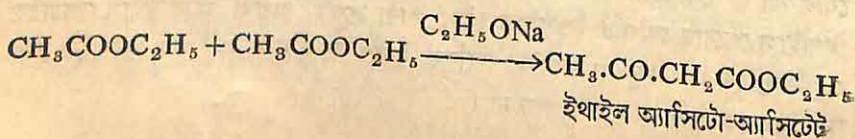
(e) অ্যালকোহলীয় কষ্টিক পটাশ ; (f) লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ($LiAlH_4$) ; (g) ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড (PCl_5) ; (h) ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5).

[Mention use of the following compounds in organic synthesis :
(a) sodium ethoxide,
(b) anhydrous aluminium chloride,
(c) metallic sodium, (d) caustic soda and brom ne,
(e) alcholic caustic potash, (f) $LiAlH_4$, (g) PCl_5, (h) P_2O_5.]

উত্তর। (a) সোডিয়াম ইথক্সাইড (C_2H_5ONa)

উইলিয়ামসনের সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে ইথার প্রস্তুত করিতে সোডিয়াম ইথক্সাইড ব্যবহৃত হয় :

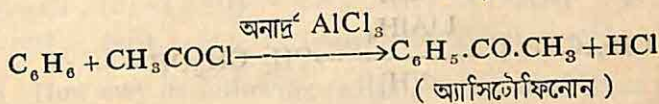
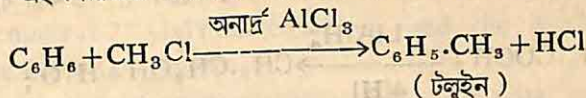
$C_2H_5ONa + CH_3I \longrightarrow C_2H_5.O.CH_3$ (মিথাইল ইথাইল ইথার)
$C_2H_5ONa + C_2H_5I \longrightarrow C_2H_5.O.C_2H_5$ (ডাই-ইথাইল ইথার)

ইথাইল অ্যাসিটেট হইতে ইথাইল অ্যাসিটো-অ্যাসিটেট প্রস্তুতিতে সোডিয়াম ইথক্সাইড ব্যবহৃত হয় :

$$CH_3COOC_2H_5 + CH_3COOC_2H_5 \xrightarrow{C_2H_5ONa} CH_3.CO.CH_2COOC_2H_5$$

ইথাইল অ্যাসিটো-অ্যাসিটেট

(b) **অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড** ($AlCl_3$)

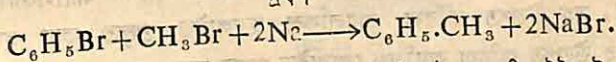
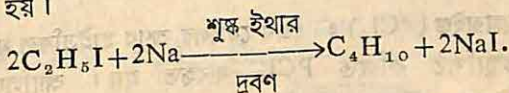
ফ্রিডেল-ক্রাফ্‌টস্‌ বিক্রিয়ায় অনুঘটক রূপে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয়। এই বিক্রিয়ার সাহায্যে বেঞ্জিনের সমগণ বা কিটোন প্রস্তুত করা যায়।

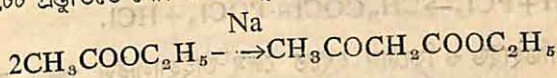
$$C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} C_6H_5.CH_3 + HCl$$
(টলুইন)

$$C_6H_6 + CH_3COCl \xrightarrow{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} C_6H_5.CO.CH_3 + HCl$$
(অ্যাসিটোফিনোন)

(c) **সোডিয়াম ধাতু** (Na.)

বুয়ার্জ ও বুয়ার্জ-ফিটিগ বিক্রিয়ায় সাহায্যে হাইড্রোকার্বন সংশ্লেষণে সোডিয়াম ধাতু ব্যবহৃত হয়।

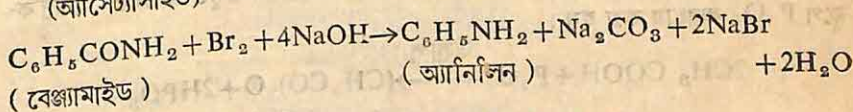
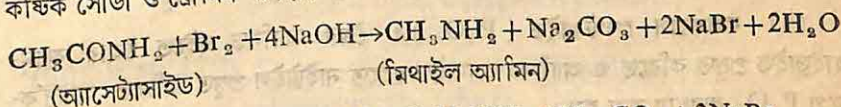
$$2C_2H_5I + 2Na \xrightarrow[\text{দ্রবণ}]{\text{শুষ্ক ইথার}} C_4H_{10} + 2NaI.$$

$$C_6H_5Br + CH_3Br + 2Na \longrightarrow C_6H_5.CH_3 + 2NaBr.$$

ক্লেইজেন কণ্ডেনসেসন বিক্রিয়ার সাহায্যে ইথাইল অ্যাসিটেট হইতে ইথাইল অ্যাসিটো-অ্যাসিটেট প্রস্তুতিতে সোডিয়াম ধাতু ব্যবহৃত হয়।

$$2CH_3COOC_2H_5 \xrightarrow{Na} CH_3COCH_2COOC_2H_5$$

(d) **কষ্টিক সোডা ও ব্রোমিন** ($NaOH + Br_2$)

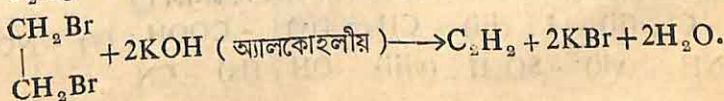
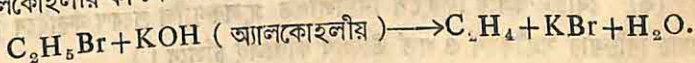
হফ্‌ম্যানের অবনমন বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যাসিড অ্যামাইড হইতে অ্যামিন প্রস্তুতিতে কষ্টিক সোডা ও ব্রোমিন ব্যবহার করা হয়।

$$CH_3CONH_2 + Br_2 + 4NaOH \rightarrow CH_3NH_2 + Na_2CO_3 + 2NaBr + 2H_2O$$
(অ্যাসেট্যামাইড) (মিথাইল অ্যামিন)

$$C_6H_5CONH_2 + Br_2 + 4NaOH \rightarrow C_6H_5NH_2 + Na_2CO_3 + 2NaBr + 2H_2O$$
(বেঞ্জ্যামাইড) (অ্যানিলিন)

(e) **অ্যালকোহলীয় কষ্টিক পটাশ** (KOH in alcohol)

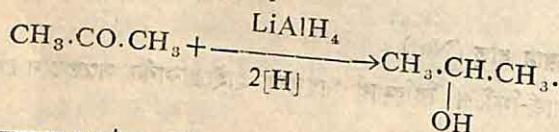
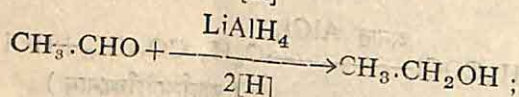
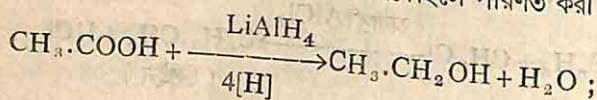
অ্যালকিল হ্যালাইড বা ডাই-হ্যালোঅ্যালকেন যৌগ হইতে যথাক্রমে 1 অণু বা 2 অণু হাইড্রোহ্যালিক অ্যাসিড নিষ্কাশিত করিয়া অ্যালকিন ও অ্যালকাইন সংশ্লেষণে অ্যালকোহলীয় কষ্টিক পটাশ দ্রবণ ব্যবহার করা হয়।

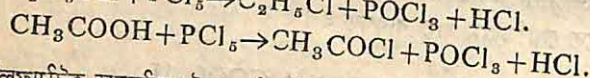
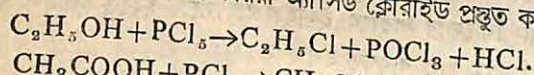
$$C_2H_5Br + KOH \text{ (অ্যালকোহলীয়)} \longrightarrow C_2H_4 + KBr + H_2O.$$

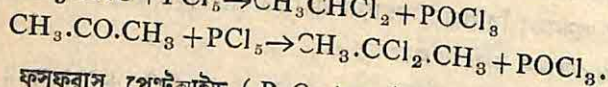
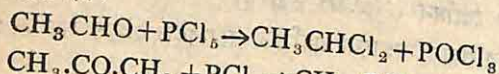
$$\begin{matrix} CH_2Br \\ | \\ CH_2Br \end{matrix} + 2KOH \text{ (অ্যালকোহলীয়)} \longrightarrow C_2H_2 + 2KBr + 2H_2O.$$

(f) **লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড** ($LiAlH_4$) **:** জৈব রসায়নে বিজারকরূপে লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ব্যবহৃত হয়। ইহার সাহায্যে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ও অ্যালডিহাইড বা কিটোনকে বিজারিত করিয়া অ্যালকোহলে পরিণত করা যায় :

$$CH_3.COOH + \xrightarrow[4[H]]{LiAlH_4} CH_3.CH_2OH + H_2O \,;$$

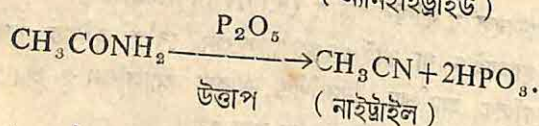
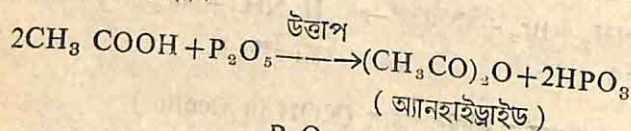
$$CH_3.CHO + \xrightarrow[2[H]]{LiAlH_4} CH_3.CH_2OH \,;$$

$$CH_3.CO.CH_3 + \xrightarrow[2[H]]{LiAlH_4} CH_3.\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}.CH_3.$$

(g) **ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড** (PCl_5) **:** জৈব যৌগের অণুর হাইড্রক্সিল মূলককে ক্লোরিন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিতে PCl_5 ব্যবহৃত হয়। অ্যালিফ্যাটিক অ্যালকোহলকে PCl_5 সহ উত্তপ্ত করিয়া অ্যালকিল হ্যালাইড প্রস্তুত করা হয়। অ্যাসিডকে PCl_5 সহ উত্তপ্ত করিয়া অ্যাসিড ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$C_2H_5OH + PCl_5 \rightarrow C_2H_5Cl + POCl_3 + HCl.$$
$$CH_3COOH + PCl_5 \rightarrow CH_3COCl + POCl_3 + HCl.$$

অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইড ও কিটোন হইতে জেম্-ডাইহ্যালাইড প্রস্তুত করিতে PCl_5 ব্যবহৃত হয়।

$$CH_3CHO + PCl_5 \rightarrow CH_3CHCl_2 + POCl_3$$
$$CH_3.CO.CH_3 + PCl_5 \rightarrow CH_3.CCl_2.CH_3 + POCl_3.$$

(h) **ফসফরাস পেণ্টক্সাইড** (P_2O_5) **:** জৈব অ্যাসিড হইতে উহার অ্যান্‌হাইড্রাইড প্রস্তুত করিতে ও অ্যাসিড অ্যামাইড হইতে নাইট্রাইল প্রস্তুত করিতে অনার্দ্রক-রূপে P_2O_5 ব্যবহার করা হয়।

$$2CH_3\,COOH + P_2O_5 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} \underset{\text{(অ্যানহাইড্রাইড)}}{(CH_3CO)_2O} + 2HPO_3$$

$$CH_3CONH_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{P_2O_5} \underset{\text{(নাইট্রাইল)}}{CH_3CN} + 2HPO_3.$$

***প্রশ্ন।** (ক) **বেঞ্জিন-বলয়ে কিরূপে নিম্নলিখিত মূলকগুলি প্রবেশ করাইবে ? (কেবলমাত্র বিক্রিয়ার সমীকরণ ও শর্ত উল্লেখ করিলেই চলিবে।)**

(i) $-Cl$; (ii) $-I$; (iii) $-CH_3$; (iv) $-COOH$; (v) $-NO_2$; (vi) $-NH_2$; (vii) $-SO_3H$; (viii) $-OH$; (ix) $-CN$.

(খ) বেঞ্জিন-বলয় হইতে কিরূপে নিম্নলিখিত মূলকগুলি অপসারিত করিবে ?
(কেবলমাত্র বিক্রিয়ার সমীকরণ ও শর্ত উল্লেখ করিলেই চলিবে।)
(i) $-CH_3$, (ii) $-COOH$, (iii) $-NO_2$ (iv) $-NH_2$, (v) $-OH$.

[(a) How would you introduce the following radicals in the benzene nucleus ? Only the equations and the condition of the reactions should be given.

(i) $-Cl$, (ii) $-I$, (ii) $-CH_3$, (iv) $-COOH$, (v) $-NO_2$, (vi) $-NH_2$, (vii) $-SO_3H$, (viii) $-OH$, (ix) $-CN$.

(b) How may be following radicals be removed from a benzene nucleus ? Only the equations and the condition of the reactions should be given.

(i) $-CH_3$, (ii) $-COOH$, (iii) $-NO_2$, (iv) $-NH_2$, (v) $-OH$.]

উঃ। (ক) (i) $C_6H_6+Cl_2 \xrightarrow[\text{(ক্লোরিনেসন)}]{\text{লৌহচূর্ণ অনুঘটক}} C_6H_5Cl.$

(ii) $C_6H_6+\text{ঘন } HNO_3 \xrightarrow[\substack{(<100^\circ C)\\ \text{(নাইট্রেশন)}}]{\text{ঘন } H_2SO_4} C_6H_5NO_2 \xrightarrow[\substack{6[H]\\ \text{(বিজারণ)}}]{Sn+\text{ঘন } HCl}$

$C_6H_5NH_2 \xrightarrow[\substack{(0^\circ C)\\ \text{(ডায়াজোটিজেশন)}}]{HCl+NaNO_2} C_6H_5N=N.Cl$

$C_6H_5N=N.Cl \xrightarrow{KI} C_6H_5I+KCl+N_2.$

(iii) $C_6H_6+CH_3I \xrightarrow[\text{(ফ্রিডেল-ক্রাফ্‌ট্‌স বিক্রিয়া)}]{\text{অনার্দ্র } AlCl_3} C_6H_5.CH_3.$

(iv) $C_6H_6+CH_3I \xrightarrow[\text{(ফ্রিডেল-ক্রাফট্‌স্‌ বিক্রিয়া)}]{\text{অনার্দ্র } AlCl_3}$

$C_6H_5.CH_3 \xrightarrow[\text{(জারণ)}]{[O] ;\ KMnO_4} C_6H_5.COOH,$

(v) $C_6H_6+\text{ঘন } HNO_3 \xrightarrow[\substack{(<100^\circ C)\\ \text{(নাইট্রেশন)}}]{\text{ঘন } H_2SO_4} C_6H_5.NO_2.$

(vi) $C_6H_6 + \text{ঘন } HNO_3 \xrightarrow[(<100°C)]{\text{ঘন } H_2SO_4}$
(নাইট্রেশন)

$C_6H_5.NO_2 \xrightarrow[\text{(বিজারণ)}]{(Sn + \text{ঘন } HCl)\ ;\ 6[H]} C_6H_5.NH_2.$

(vii) $C_6H_6 + \text{ঘন } H_2SO_4 \xrightarrow[\text{(সালফোনেসন)}]{\text{উত্তাপ}} C_6H_5.SO_3H.$

(viii) $C_6H_6 + \text{ঘন } H_2SO_4 \xrightarrow[\text{(সালফোনেসন)}]{\text{উত্তাপ}}$

$C_6H_5.SO_3H \xrightarrow[\text{বিগলন}]{NaOH \text{ সহ}} C_6H_5.ONa$

$C_6H_5.ONa \xrightarrow{\text{লঘু } H_2SO_4} C_6H_5OH.$

(ix) $C_6H_6 + \text{ঘন } HNO_3 \xrightarrow[\text{(নাইট্রেশন)}]{\text{ঘন } H_2SO_4\ (<100°C)}$

$C_6H_5NO_2 \xrightarrow[\text{(বিজারণ)}]{(Sn + \text{ঘন } HCl)\ ;\ 6[H]} C_6H_5NH_2$

$C_6H_5NH_2 \xrightarrow[(0°C)]{HNO_2} C_6H_5N = NCl.$

$C_6H_5.CN. \xleftarrow[+KCN]{Cu_2(CN)_2} C_6H_5N = NCl.$
(স্যাণ্ডমায়ার বিক্রিয়া)

(খ) (i) $C_6H_5.CH_3 \xrightarrow{\text{জারণ}} C_6H_5.COOH \xrightarrow[+\text{উত্তাপ}]{\text{সোডা-লাইম}} C_6H_6 + Na_2CO_3.$

(ii) $C_6H_5.COOH \xrightarrow[+\text{উত্তাপ}]{\text{সোডা-লাইম}} C_6H_6 + Na_2CO_3.$

(iii) $C_6H_5NO_2 \xrightarrow[(Sn + \text{ঘন } HCl)]{\text{বিজারণ}} C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0°C]{\text{ডায়াজোটিজেশন}}$

$C_6H_5N = N.Cl \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} C_6H_6.$
(জলীয় দ্রবণ)

(iv) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow[(0°C)]{\text{ডায়াজোটিজেশন}} C_6H_5N = N.Cl \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} C_6H_6.$
(জলীয় দ্রবণ)

(v) $C_6H_5OH + Zn\text{-ধূলি} \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} C_6H_6 + ZnO.$

*প্রশ্ন (ক) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াসমূহে উৎপন্ন জৈব পদার্থগুলির (A, B, C, ইত্যাদি) নাম ও সংকেত লিখ।

[Write down the names and formula of the organic products (A, B, C, etc.) of the following reactions.]

(i) $C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{Anhyd.AlCl_3} A \xrightarrow[Fe\text{-}powder]{Cl_2} B.$

(ii) $C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{Anhyd.AlCl_3} A \xrightarrow[Heat]{Cl_2} B \xrightarrow{NaOH} C.$

(iii) $C_6H_5Cl + CH_3Cl + Na \longrightarrow A.$

(iv) $C_6H_5.CH_2OH \xrightarrow{HCl} A \xrightarrow{KCN} B \xrightarrow[Heat]{H^+ + H_2O} C.$

(v) $C_6H_5OH + Zn \xrightarrow{Heat} A \xrightarrow[+Conc.H_2SO_4\ (<100°C)]{Conc.HNO_3} B \xrightarrow{Sn + HCl} C.$

(vi) $C_6H_5.CH_3 \xrightarrow{[O]} A \xrightarrow[Heat]{Soda\text{-}lime} B.$

(vii) $C_6H_6 + CH_3COCl \xrightarrow{Anhyd.AlCl_3} A.$

(viii) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow[HCl(0°C)]{NaNO_2} A \xrightarrow[KCN]{Cu_2(CN)_2} B \xrightarrow[Heat]{H^+ + H_2O} C.$

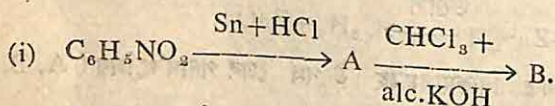
(ix) $C_6H_5OH + Br_2 \longrightarrow A.$

(x) $C_6H_5NH_2 + H_2SO_4$ (ঘন) $\xrightarrow[200°C]{Heat}$ B.

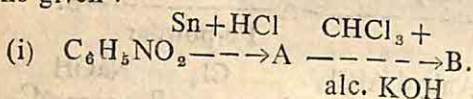
(xi) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow[(0°C)]{NaNO_2 + dil.H_2SO_4} A \xrightarrow{Cu_2Cl_2 + HCl} B.$

(xii) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow[(0°C)]{NaNO_2 + dil.HCl} A \xrightarrow[Heat]{C_2H_5OH} B + C.$

(খ) নিম্নলিখিত রূপান্তরমূলক বিক্রিয়াগুলি পড় এবং প্রত্যেকটির সহিত প্রদত্ত প্রশ্নগুলির উত্তর লিখ :

(i) $C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Sn + HCl} A \xrightarrow[alc.KOH]{CHCl_3 +} B.$

A ও B-এর নাম লিখ। $C_6H_5NO_2$-কে কিভাবে A-তে পরিবর্তিত করা যায় দেখাও।

[(b) Read the following transformations and answer the questions given :

(i) $C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Sn + HCl} A \xrightarrow[alc.\ KOH]{CHCl_3 +} B.$

Name A and B. Show how $C_6H_5NO_2$ can be converted into A.]

(গ) কারণ বর্ণনা কর : (i) ডায়াজোটিজেশন বিক্রিয়া অতি-নিম্ন তাপমাত্রায় (0°—5°C) সংঘটিত করা হয় কেন ?

(ii) নাইট্রোবেঞ্জিনকে টিন ও ঘন HCl দ্বারা বিজারিত করিয়া উৎপন্ন পদার্থকে পাতিত করিলে অ্যানিলিন পাওয়া যায় না কেন ?

(iii) বেঞ্জিনকে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা নাইট্রোবেঞ্জিনে রূপান্তরিত করিতে ঘন H_2SO_4 ব্যবহার করা হয় কেন ?

[(c) Explain why : (i) Diazotisation reaction is carried out at very low temperatures (0°—5°C) ; (ii) Aniline cannot be collected by distilling the product obtained by reducing nitrobenzene with tin and conc. HCl ; (iii) Conc. H_2SO_4 is used in the preparation of nitrobenzene through reaction of benzene with conc. HNO_3.]

উঃ। (ক) (i) A : টলুইন, $C_6H_5.CH_3$; B : অর্থো ও প্যারা-ক্লোরো-টলুইন ; $C_6H_4Cl.CH_3$.

(ii) A : টলুইন $C_6H_5CH_3$; B : বেঞ্জাইল ক্লোরাইড, $C_6H_5CH_2Cl$; C : বেঞ্জাইল অ্যালকোহল, $C_6H_5CH_2OH$.

(iii) A : টলুইন, $C_6H_5.CH_3$.

(iv) A ঃ বেঞ্জাইল ক্লোরাইড, $C_6H_5.CH_2Cl$; B ঃ বেঞ্জাইল সায়া নাইড, $C_6H_5.CH_2CN$; C ঃ ফিনাইল অ্যাসেটিক অ্যাসিড, $C_6H_5.CH_2.COOH$.

(v) A ঃ বেঞ্জিন, C_6H_6 ; B ঃ নাইট্রোবেঞ্জিন, $C_6H_5.NO_2$; C ঃ অ্যানিলিন, $C_6H_5.NH_2$.

(vi) A ঃ বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড, $C_6H_5.COOH$; B ঃ বেঞ্জিন, C_6H_6.

(vii) A ঃ অ্যাসেটোফিনোন, $C_6H_5.CO.CH_3$.

(viii) A ঃ বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড, $C_6H_5.N=N.Cl$; B ঃ বেঞ্জো-নাইট্রাইল. C_6H_5CN ; C ঃ বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড, C_6H_5COOH.

(ix) A ঃ প্রতিসম (symmetrical) ট্রাই-ব্রোমো ফেনল, $C_6H_2Br_3.OH$.

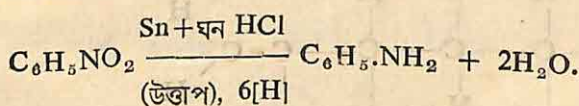
(x) A ঃ সালফানিলিক অ্যাসিড বা অ্যানিলিন প্যারা-সালফোনিক অ্যাসিড, $H_2N.C_6H_4.SO_3H$.

(xi) A ঃ বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড, $C_6H_5.N=N.Cl$; B ঃ ক্লোরো-বেঞ্জিন, $C_6H_5.Cl$.

(xii) A ঃ বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড, $C_6H_5.N=N.Cl$; B ঃ বেঞ্জিন, C_6H_6 ; C ঃ অ্যাসেট্যালডিহাইড, $CH_3.CHO$.

(খ) প্রথম অংশ ঃ A ঃ অ্যানিলিন, $C_6H_5NH_2$; B ঃ ফিনাইল আইসো-সায়ানাইড বা ফিনাইল কার্বিল অ্যামিন, $C_6H_5.NC$.

দ্বিতীয় অংশ ঃ নাইট্রোবেঞ্জিনকে টিনের টুকরা ও ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করিলে, টিন ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন নাইট্রো-বেঞ্জিনকে বিজারিত করিয়া অ্যানিলিনে পরিণত করে ঃ

$$C_6H_5NO_2 \xrightarrow[\text{(উত্তাপ)},\ 6[H]]{Sn+\text{ঘন } HCl} C_6H_5.NH_2 + 2H_2O.$$

উৎপন্ন অ্যানিলিন অজৈব অ্যাসিডের লবণরূপে যৌগবদ্ধ হইয়া মিশ্রণে অবস্থান করে। মিশ্রণটিকে ক্ষার-দ্রবণ দ্বারা ক্ষারীয় করিয়া বাষ্প-পাতনের সাহায্যে অ্যানিলিন সংগ্রহ করা হয়।

(গ) (i) ডায়াজো লবণগুলি অত্যন্ত অস্থায়ী যৌগ। অতি-নিম্ন তাপমাত্রায় (0° – 5°C) উহারা মোটামুটি স্থায়ী ; কিন্তু, তাপমাত্রা বর্ধিত হইলে উহারা বিযোজিত হইয়া যায়। সেইজন্য ডায়াজোটিজেশন বিক্রিয়া অতি-নিম্ন তাপমাত্রায় সংঘটিত করা হয়।

(ii) নাইট্রোবেঞ্জিনকে ধাতব টিন ও অতিরিক্ত পরিমাণ ঘন HCl-দ্রবণ দ্বারা

বিজারিত করিয়া অ্যানিলিনে পরিণত করা হয়। উৎপন্ন অ্যানিলিন ক্ষারীয় প্রকৃতির যৌগ। উহা বিক্রিয়া-মাধ্যমের অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা ক্লোরো-স্ট্যানিক অ্যাসিডের (H_2SnCl_6) [Sn-এর সহিত ঘন HCl-এর বিক্রিয়ায় এই অ্যাসিডটি উৎপন্ন হয়] সহিত অনুদ্বায়ী লবণ গঠন করিয়া মিশ্রণে অবস্থান করে। সুতরাং এই মিশ্রণকে পাতিত করিয়া অ্যানিলিন পাওয়া যায় না। মিশ্রণটিকে ক্ষার-দ্রবণ সহযোগে ক্ষারীয় করিলে অ্যানিলিন মুক্ত হয় এবং তখন ইহাকে বাষ্প-পাতন পদ্ধতিতে পৃথক করা হয়।

[এই ক্ষারীয় দ্রবণকে সরাসরি তাপ-প্রয়োগে পাতিত করতে গেলে কিছু পরিমাণ অ্যানিলিন অন্যান্য জটিল যৌগ গঠন করে; সেইজন্য ক্ষারীয় মিশ্রণটিকে সরাসরি তাপ-প্রয়োগে পাতিত না করিয়া বাষ্প-পাতন পদ্ধতির সাহায্য লওয়া হয়।]

(iii) বেঞ্জিনের সহিত ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রোবেঞ্জিন প্রস্তুতির কালে উৎপন্ন পদার্থরূপে জল গঠিত হয়: $C_6H_6 + HNO_3 \rightarrow C_6H_5NO_2 + H_2O$. বিক্রিয়ার-মাধ্যমে জল উপস্থিত থাকিলে বিকারক লঘু হওয়ার ফলে নাইট্রেশন উত্তমরূপে সম্পন্ন হয় না, এমনকি বিপরীতমুখী বিক্রিয়াও সম্ভবপর হইতে পারে। এই উৎপন্ন জলকে শোষিত করিতে ঘন H_2SO_4 ব্যবহার করা হয়।

প্রশ্ন ৮। I. U. P. A. C. পদ্ধতিতে যৌগের নামকরণ কর।
[Naming of the Compounds as per I. U. P.A. C. nomenclature.]

```
                   H
                   |
                 H-C-H
     H    H        |        H
     |    |        |        |              H
(a)  H-C--C--------C--------C--------C=C<
     |    |        |        |        |     H
     H    |        H        |        |
          |                 |        |
        H-C-H             H-C     H-C-H    ;
          |                / \       |
        H-C-H             H   H      H
          |
          H
```

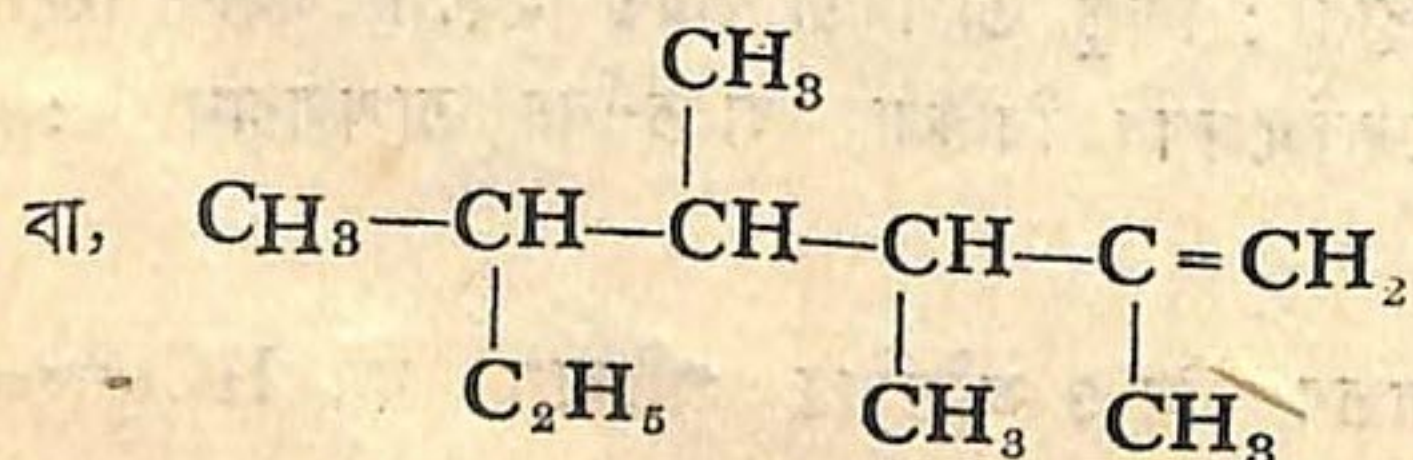
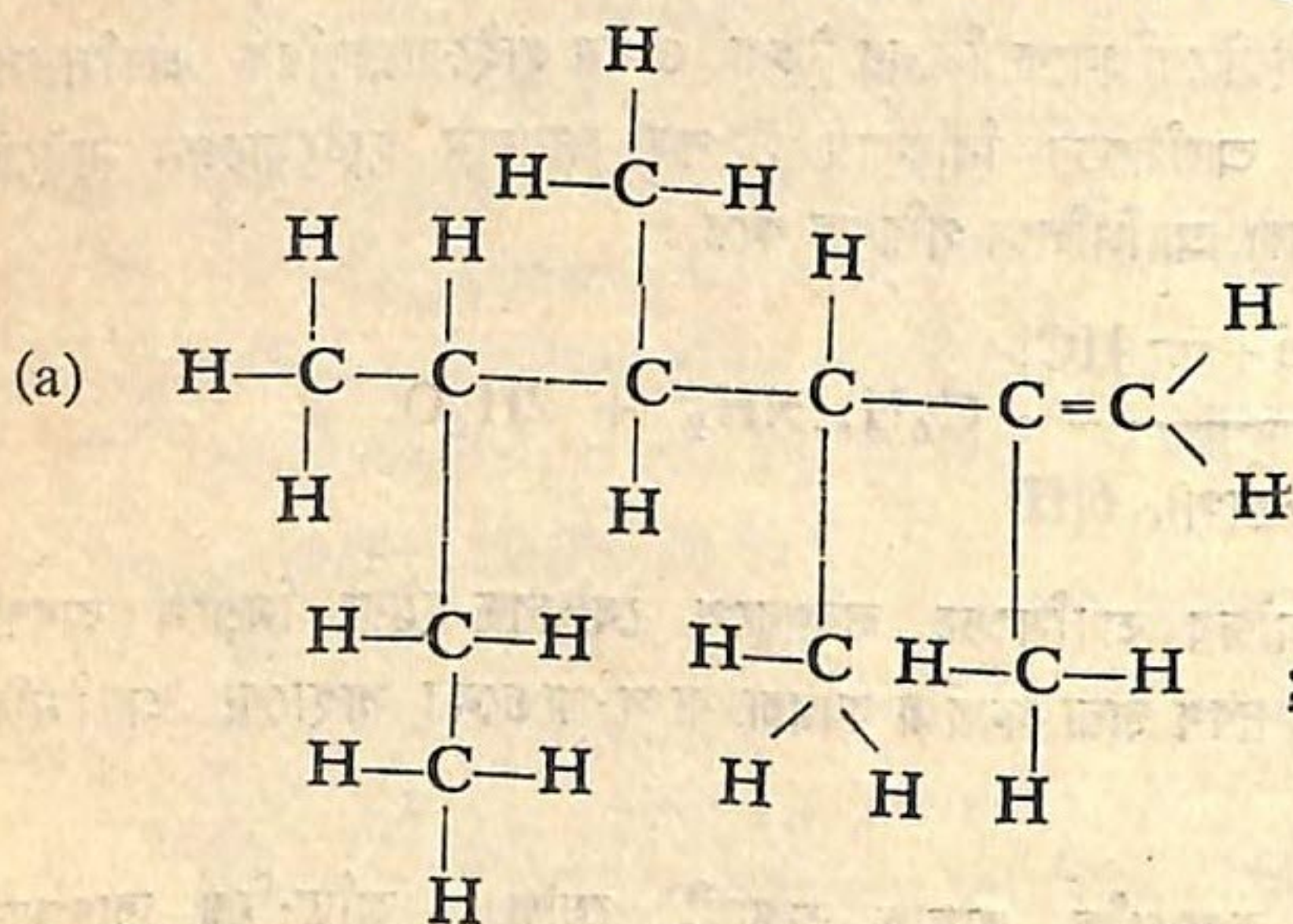
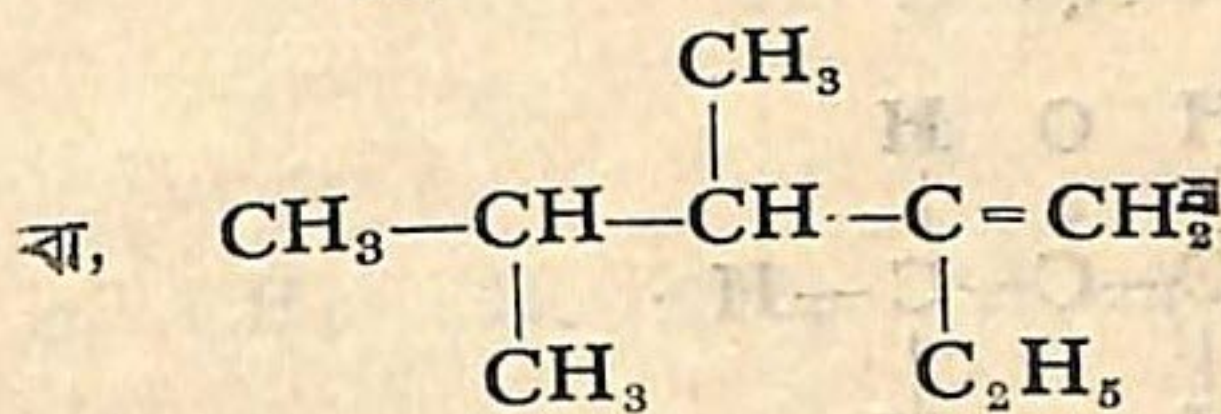
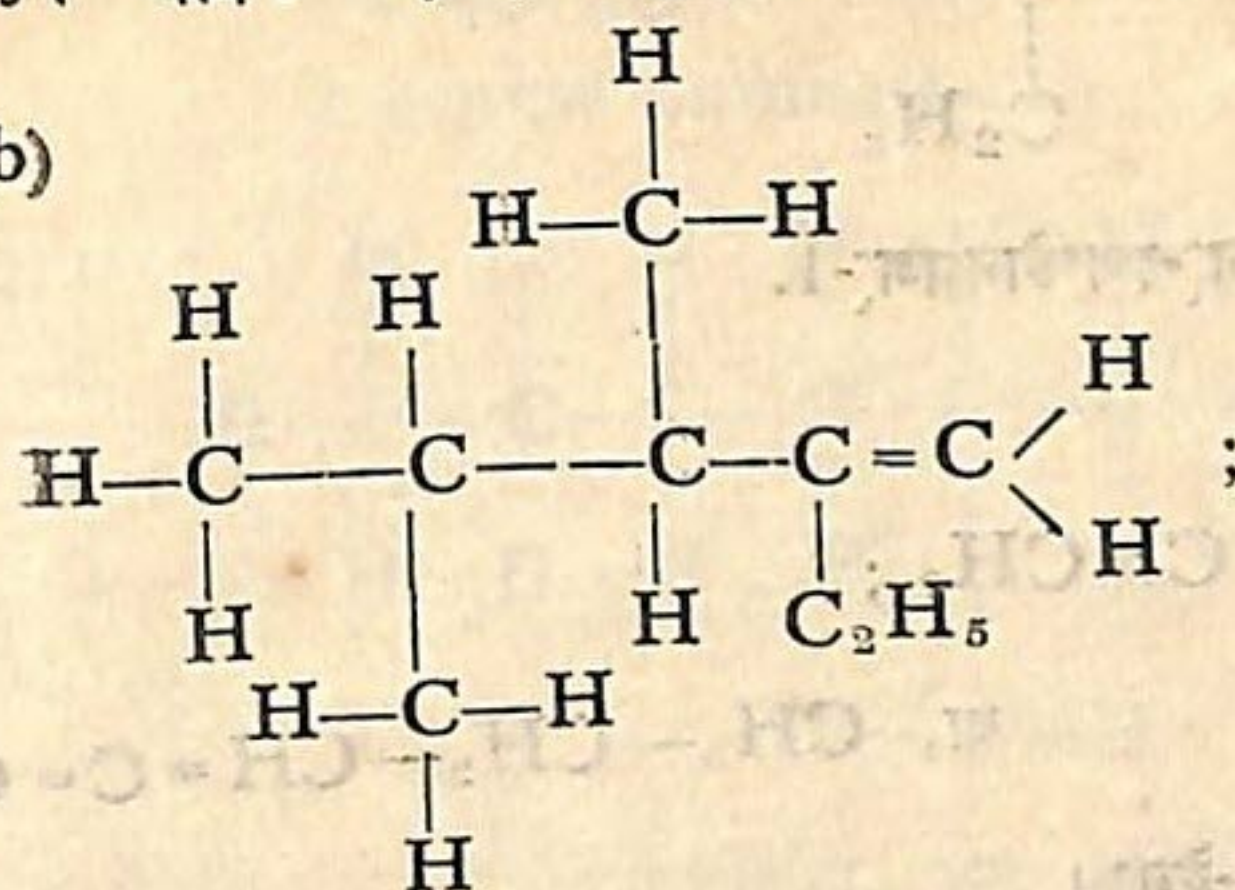
```
                  CH3
                  |
বা,  CH3-CH-----CH----CH----C=CH2
         |            |     |
         C2H5         CH3   CH3
```

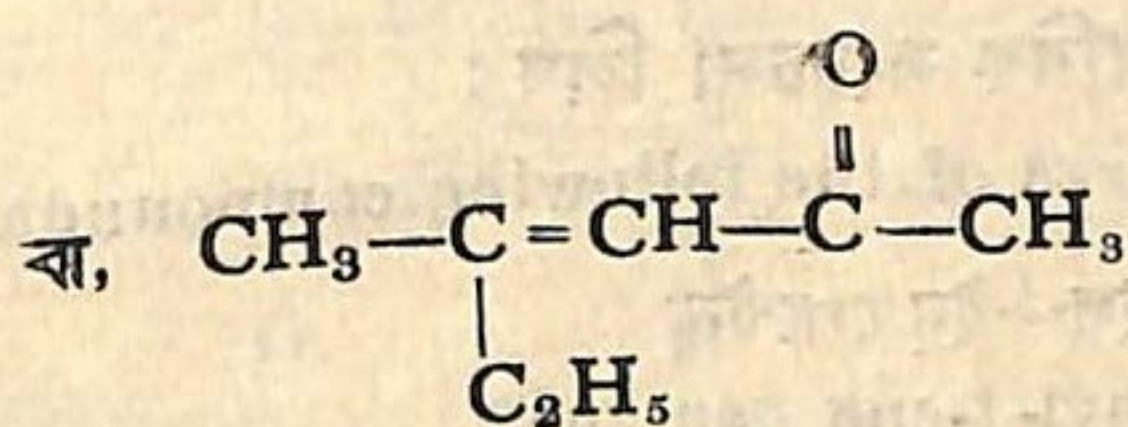
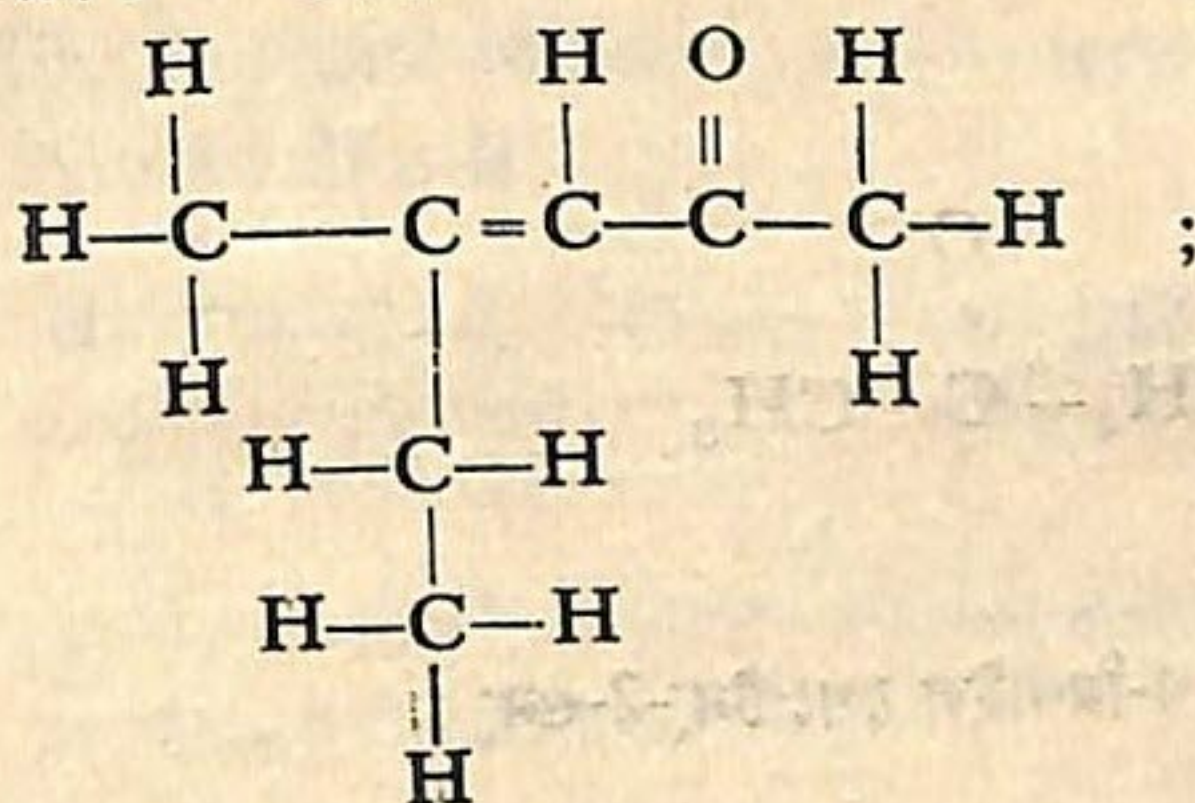
উঃ। নাম ঃ 2, 3, 4-ট্রাইমিথাইল-5-ইথাইল হেক্সিন্-1.

(b)

```
                  H
                  |
              H—C—H
     H     H      |                H
     |     |      |               /
  H—C——C——C—C=C              ;
     |     |      |   |           \
     H     |      H  C2H5          H
        H—C—H
           |
           H
```

বা, $CH_3—CH—CH—C=CH_2$ (with CH_3 on the second C, CH_3 on the third C, and C_2H_5 on the fourth C)

```
                 CH3
                  |
  CH3—CH—CH—C=CH2
        |         |
       CH3       C2H5
```

উঃ। নাম ঃ 2-ইথাইল 3, 4-ডাইমিথাইল পেন্টিন্-1

(c)

```
     H          H   O   H
     |          |   ||  |
  H—C——C=C—C—C—H   ;
     |      |          |
     H      |          H
         H—C—H
            |
         H—C—H
            |
            H
```

বা,

```
                       O
                       ||
  CH3—C=CH—C—CH3
        |
       C2H5
```

উঃ। নাম ঃ 2-ইথাইল পেণ্ট্-2-ইন্-4-ওন্।

(d)

```
     H   H   H       H
     |   |   |       |
  H—C—C—C=C—C=O ;
     |   |       |
     H   H       |
              H—C—H
                 |
              H—C—H
                 |
                 H
```

বা, $CH_3-CH_2-CH=\underset{\displaystyle C_2H_5}{\underset{|}{C}}-CHO$

উঃ। নাম ঃ 2-ইথাইল 2-ইন্-পেণ্টান্যাল্-1.

(e)

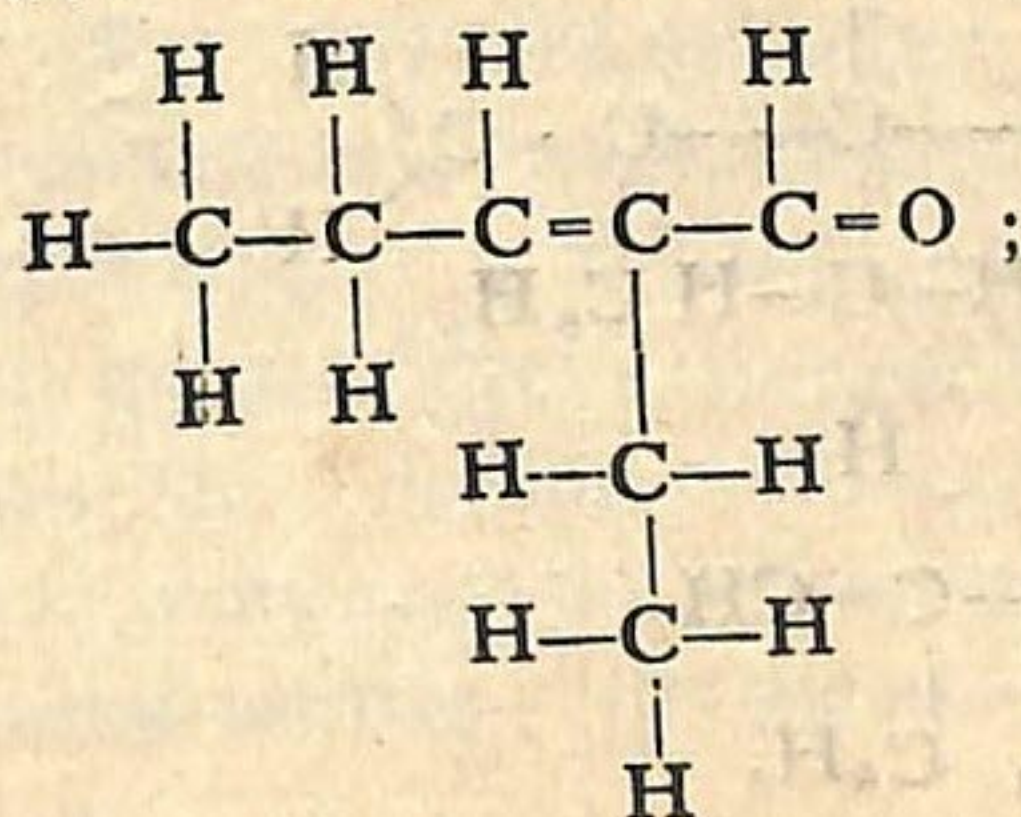
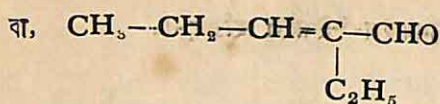
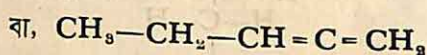
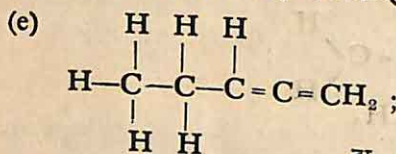
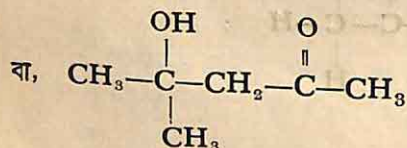
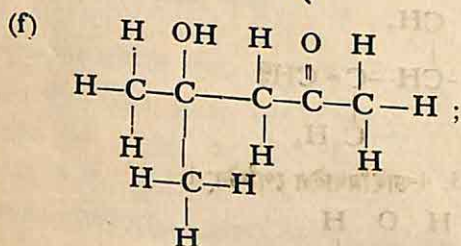
```
      H   H   H
      |   |   |
  H — C — C — C = C = CH2 ;
      |   |
      H   H
```

বা, $CH_3-CH_2-CH=C=CH_2$

উঃ। নাম ঃ 1, 2-পেণ্টাডাই-ইন্।

(f)

```
      H  OH      H   O   H
      |   |      |   ‖   |
  H — C — C ———— C — C — C — H ;
      |   |      |       |
      H   |      H       H
      H — C — H
          |
          H
```

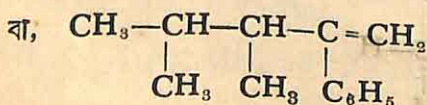
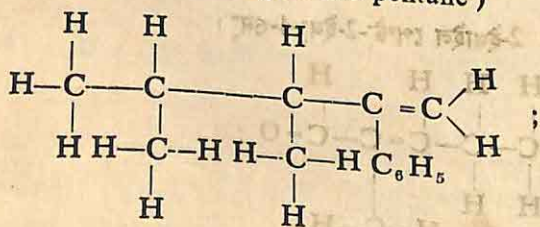
বা, $CH_3-\overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_2-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$

উঃ। নাম ঃ 4-হাইড্রক্সি 4-মিথাইল পেণ্টেন্-2-ওন্।

নিম্নলিখিত যৌগগুলির আণবিক সংরচনা লিখ ঃ
(Write down the structures of the following compounds :)

(i) 2-ফিনাইল-3, 4-ডাইমিথাইল-1-ইন্ পেণ্টেন্
(2-phenyl-3, 4-dimethyl-1-ene pentane)

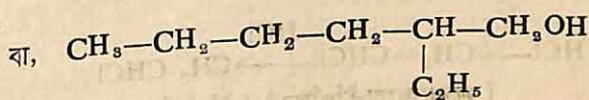
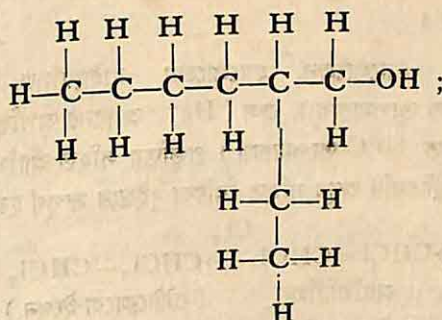
উঃ।

```
      H     H              H
      |     |              |          H
  H — C ——— C ———————————— C ——— C = C <
      |     |              |     |    H   ;
      H H — C — H      H — C — H C6H5
            |              |
            H              H
```

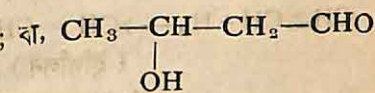
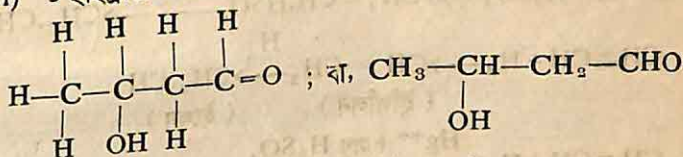
বা, $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{C}}=CH_2$

(ii) 2-ইথাইল হেক্সেন্-1-অল্ ।
(2-ethyl hexane-1-ol)

উঃ।

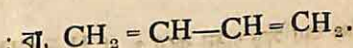
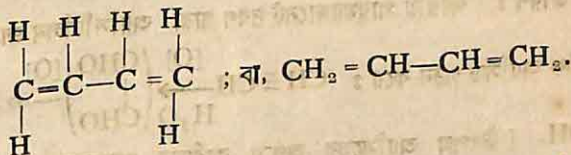
$$\begin{array}{ccccccccccccc} & & H & & H & & H & & H & & H & & H \\ & & | & & | & & | & & | & & | & & | \\ H & - & C & - & C & - & C & - & C & - & C & - & C-OH\ ; \\ & & | & & | & & | & & | & & | & & | \\ & & H & & H & & H & & H & & | & & H \\ & & & & & & & & & H- & C & -H & \\ & & & & & & & & & & | & & \\ & & & & & & & & & H- & C & -H & \\ & & & & & & & & & & | & & \\ & & & & & & & & & & H & & \end{array}$$

বা, $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\underset{|}{CH}}-CH_2OH$

(iii) 3-হাইড্রক্সি বিউটান্যাল্ (3-hydroxy butanal)

উঃ।

$$\begin{array}{ccccccccc} & & H & & H & & H & & H \\ & & | & & | & & | & & | \\ H & - & C & - & C & - & C & - & C=O \\ & & | & & | & & | & & \\ & & H & & OH & & H & & \end{array}\ ;\ \text{বা, } CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CHO$$

(iv) 1, 3-ডাই-ইন্ বিউটেন (বিউটাডাই-ইন্-1, 3)
(1, 3-diene butane)

উ ঃ।

$$\begin{array}{ccccccc} H & & H & & H & & H \\ | & & | & & | & & | \\ C & = & C & - & C & = & C \\ | & & & & & & | \\ H & & & & & & H \end{array}\ ;\ \text{বা, } CH_2=CH-CH=CH_2.$$

*প্রশ্ন। (ক) অ্যাসিটিলিনের ও ইথিলিনের নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলি কিভাবে সংঘটিত হয় ? উৎপন্ন পদার্থগুলির সংকেত কি ?

(i) যুত-যৌগ গঠন ; (ii) জারণ বিক্রিয়া ; (iii) পলিমারিজেশন বিক্রিয়া ।

(খ) অ্যাসিট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন নিম্নোক্ত বিক্রিয়াগুলিতে কিরূপে অংশগ্রহণ করে ঃ (i) হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া ; (ii) জারণ বিক্রিয়া ; (iii) বিজারণ বিক্রিয়া ।

[(a) How the following reactions of acetylene and ethylene take place ? Write down the formula of the products in each case : (i) Addition reaction ; (ii) Oxidation reaction ; (iii) Polymerization reaction.

(b) How acetaldehyde and acetone take part in the following reactions : (i) Haloform reaction ; (ii) Oxidation ; (iii) Reduction.

উঃ। (ক) অ্যাসিটিলিন ঃ

(i) যুত-যৌগ গঠন ঃ হ্যালোজেন, হ্যালোজেন হাইড্রাসিড, হাইড্রোজেন (অনুঘটকের উপস্থিতিতে উচ্চ তাপমাত্রায়), জল (Hg^{++} আয়নের অপস্থিতিতে 20% জলীয় H_2SO_4 দ্রবণের সহিত 80°C তাপমাত্রায়) প্রভৃতির সহিত অ্যাসিটিলিন যুত-যৌগ গঠন করে। প্রথমোক্ত তিনটি অণুর সহিত বিক্রিয়া দুইস্তরে সম্পূর্ণ হয়।

$$CH \equiv CH + Cl_2 \longrightarrow CHCl = CHCl \xrightarrow{Cl_2} CHCl_2 - CHCl_2$$

(অ্যাসিটিলিন ডাই-ক্লোরাইড) (টেট্রাক্লোরো-ইথেন)

$$CH \equiv CH + HCl \longrightarrow CH_2 = CHCl \xrightarrow{HCl} CH_3 \cdot CHCl_2$$

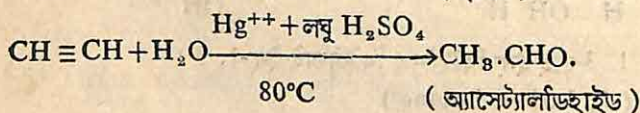
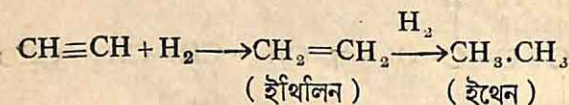
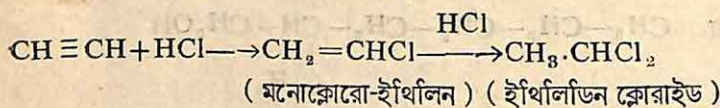
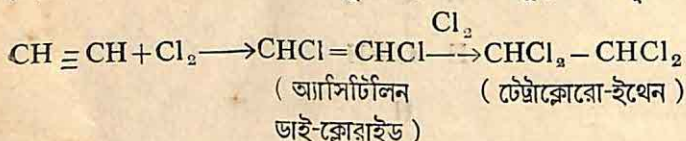
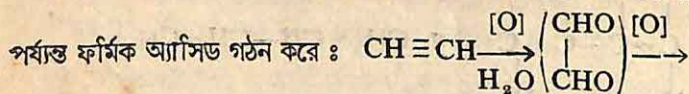
(মনোক্লোরো-ইথিলিন) (ইথিলিডিন ক্লোরাইড)

$$CH \equiv CH + H_2SO_4 \longrightarrow CH_2 = CH.HSO_4 \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3.CH(HSO_4)_2.$$

$$CH \equiv CH + H_2 \longrightarrow CH_2 = CH_2 \xrightarrow{H_2} CH_3.CH_3$$

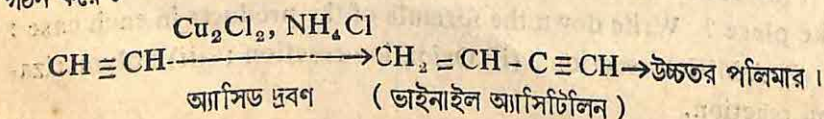
(ইথিলিন) (ইথেন)

$$CH \equiv CH + H_2O \xrightarrow[80^\circ C]{Hg^{++} + \text{লঘু } H_2SO_4} CH_3.CHO.$$

(অ্যাসেট্যালডিহাইড)

(ii) জারণ ঃ ক্ষারীয় পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দ্বারা অ্যাসিটিলিন জারিত হইয়া শেষ পর্যন্ত ফর্মিক অ্যাসিড গঠন করে ঃ $CH \equiv CH \xrightarrow[H_2O]{[O]} \left(\begin{matrix} CHO \\ | \\ CHO \end{matrix}\right) \xrightarrow{[O]}$ 2H.COOH. [উৎপন্ন অ্যাসিডের অণুর কার্বনের পরমাণুর সংখ্যা অ্যাসিটিলিন অণুর ঐ সংখ্যা হইতে কম।]

(iii) পলিমারিজেশন ঃ লাল-তপ্ত লৌহনলের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলিন প্রবাহিত করিলে উহার তিনটি অণু সম্মিলিত হইয়া বেঞ্জিন গঠন করে ঃ $3C_2H_2 \longrightarrow C_6H_6$.

পক্ষান্তরে, আম্লিক দ্রবণে কিউপ্রাস ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিলিন সরলরৈখিক পলিমার (ভাইনাইল অ্যাসিটিলিন জাতীয়) গঠন করে ঃ

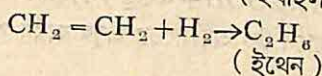
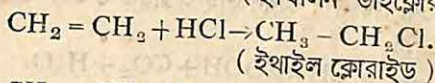
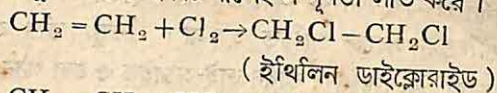
$$CH \equiv CH \xrightarrow[\text{অ্যাসিড দ্রবণ}]{Cu_2Cl_2,\ NH_4Cl} CH_2 = CH - C \equiv CH \rightarrow \text{উচ্চতর পলিমার।}$$

(ভাইনাইল অ্যাসিটিলিন)

ইথিলিন :

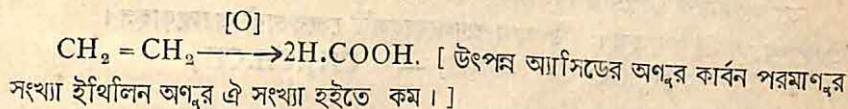
(i) **যুত-যৌগ গঠন :** হ্যালোজেন, হ্যালোজেন অ্যাসিড, হাইড্রোজেন (অনুঘটকের উপস্থিতিতে উচ্চ-তাপমাত্রায়) ইথিলিনের সহিত যুক্ত হইয়া যুত-যৌগ, গঠন করে। এই যুত-বিক্রিয়া একটি ধাপেই সম্পূর্ণতা লাভ করে।

$$CH_2=CH_2+Cl_2 \rightarrow CH_2Cl-CH_2Cl$$
(ইথিলিন ডাইক্লোরাইড)

$$CH_2=CH_2+HCl \rightarrow CH_3-CH_2Cl.$$
(ইথাইল ক্লোরাইড)

$$CH_2=CH_2+H_2 \rightarrow C_2H_6$$
(ইথেন)

(ii) **জারণ :** লঘু ক্ষারীয় পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের দ্বারা ইথিলিন জারিত হইয়া গ্লাইকল উৎপন্ন করে : $CH_2=CH_2 \xrightarrow{[O],\ H_2O} CH_2OH-CH_2OH$
(ইথিলিন গ্লাইকল)

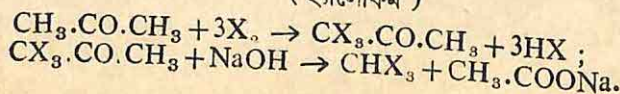
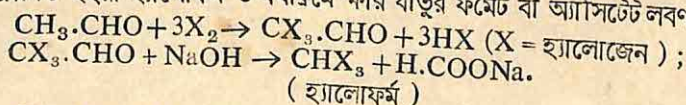
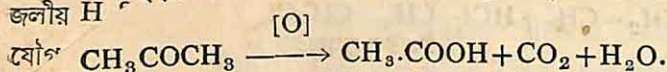
আম্লিক পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বা ডাইক্রোমেট সহযোগে উত্তপ্ত করিলে ইথিলিন জারিত হইয়া ফর্মিক অ্যাসিডে পরিণত হয় :

$CH_2=CH_2 \xrightarrow{[O]} 2H.COOH.$ [উৎপন্ন অ্যাসিডের অণুর কার্বন পরমাণুর সংখ্যা ইথিলিন অণুর ঐ সংখ্যা হইতে কম।]

(iii) **পলিমারিজেশন :** স্বল্প পরিমাণ অক্সিজেন অনুঘটকের উপস্থিতিতে 1000 – 1200 বায়ু-চাপে ইথিলিনকে 200° – 400°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে বহুসংখ্যক ইথিলিন অণু পরস্পর যুক্ত হইয়া পলি-ইথিলিন বা পলিথিন পলিমার গঠন করে : $nC_2H_4 \rightarrow (C_2H_4)_n$.

(খ) (i) **হ্যালোফর্ম বিক্রিয়া :** ক্ষার-দ্রবণ ও হ্যালোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসেট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন উভয়েই হ্যালোফর্ম (ক্লোরোফর্ম ও আয়োডোফর্ম) গঠন করে।

[হ্যালোজেন ও ঘন অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিটোন হ্যালোফর্ম উৎপন্ন করে; কিন্তু, এই অবস্থায় অ্যাসেট্যালডিহাইড হ্যালোফর্ম উৎপন্ন করে না।] এই বিক্রিয়ায় প্রথম পর্য্যায়ে অ্যাসেট্যালডিহাইড বা অ্যাসিটোনের সহিত হ্যালোজেন বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে ট্রাই-হ্যালো-অ্যাসট্যালডিহাইড বা ট্রাই-হ্যালো-অ্যাসিটোন গঠন করে। এই দুইটি উৎপন্ন পদার্থ পরবর্তী স্তরে ক্ষার-দ্রবণ দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হ্যালোফর্ম ও যথাক্রমে ক্ষার ধাতুর ফর্মেট বা অ্যাসিটেট লবণ গঠন করে।

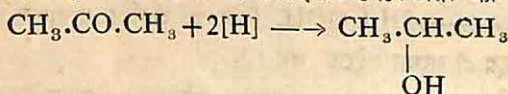
$CH_3.CHO+3X_2 \rightarrow CX_3.CHO+3HX$ (X = হ্যালোজেন);
$CX_3.CHO+NaOH \rightarrow CHX_3+H.COONa.$
(হ্যালোফর্ম)

$CH_3.CO.CH_3+3X_2 \rightarrow CX_3.CO.CH_3+3HX$;
$CX_3.CO.CH_3+NaOH \rightarrow CHX_3+CH_3.COONa.$

(iv) **জারণ** ঃ অ্যাসিট্যাল... and...রক পদার্থ দ্বারা সহজেই জারিত হইয়া
...orm re... ঃ $CH_3.CHO \xrightarrow{[O]} CH_3.COOH.$ উৎপন্ন
অ্যাসেটিক অ্যাসি...অ্যাসিটালিন... ...মাণুর সংখ্যা অ্যাসেট্যালডিহাইডের অণুর কার্বন পরমাণুর
অ্যাসি... ...ত-যৌগ... ...সিটোন সহজে জারিত হয় না। কিন্তু, তীব্র জারক-পরিবেশে
(অনুঘটকের উ... ...হইয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল গঠন করে ঃ
জলীয় H ...
যৌগ... $CH_3COCH_3 \xrightarrow{[O]} CH_3.COOH + CO_2 + H_2O.$

এই স্থলে লক্ষ্যণীয় যে, উৎপন্ন অ্যাসেটিক অ্যাসিডের অণুর কার্বন পরমাণুর সংখ্যা অ্যাসিটোনের ঐ সংখ্যা হইতে কম।

(v) **বিজারণ** ঃ সোডিয়াম ও অ্যালকোহল, জিংক ও লঘু অ্যাসিড ও অন্যান্য সাধারণ বিজারক দ্রব্য সহযোগে অ্যাসেট্যালডিহাইডকে বিজারিত করিলে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন অ্যালকোহলটি প্রাইমারী অ্যালকোহল ঃ

$$CH_3.CHO + 2[H] \longrightarrow CH_3.CH_2OH.$$

অ্যাসিটোনকে উপরোক্ত বিজারক সহযোগে বিজারিত করিলে আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন অ্যালকোহলটি সেকেণ্ডারী অ্যালকোহল।

$$CH_3.CO.CH_3 + 2[H] \longrightarrow \underset{\displaystyle \overset{|}{OH}}{CH_3.CH.CH_3}$$

কিন্তু, জিংক-পারদ সংকর ও ঘন HCl-এর সহিত বিক্রিয়ায় (অর্থাৎ, ইহাদের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা) অ্যাসেট্যালডিহাইড ও অ্যাসিটোন উভয়েই সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে পরিণত হয়।

$$CH_3.CHO \xrightarrow[\text{Zn/Hg + ঘন HCl}]{4[H]} CH_3.CH_3 + H_2O.$$
(ইথেন)

$$CH_3.CO.CH_3 \xrightarrow[\text{Zn/Hg + ঘন HCl}]{4[H]} CH_3CH_2.CH_3.$$
(প্রোপেন)